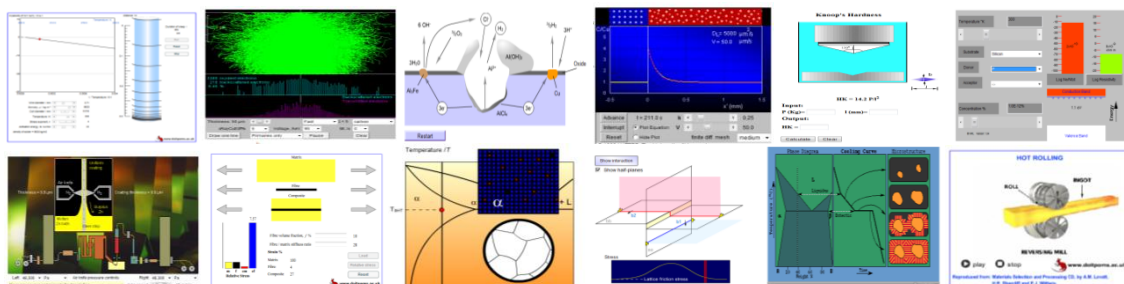


Projecte Final de Carrera



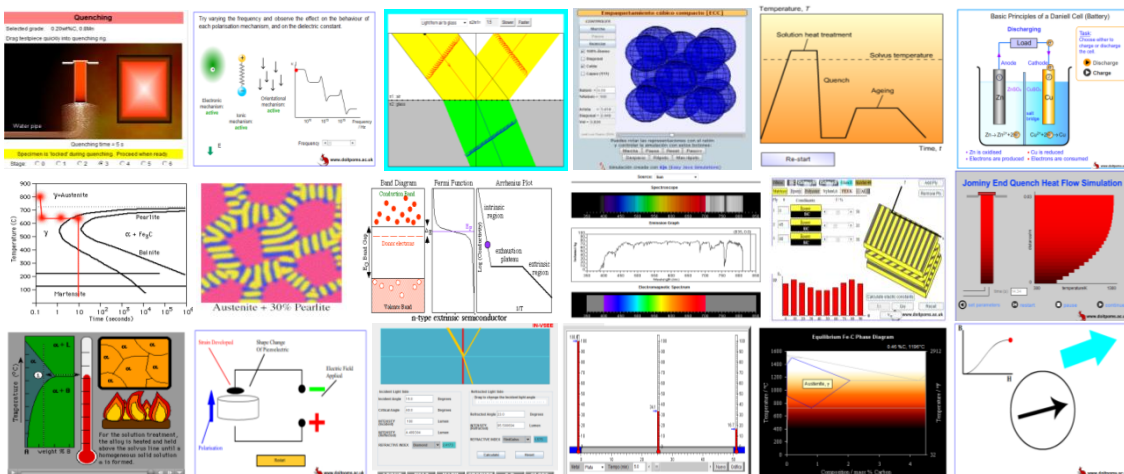
Universitat Autònoma de Barcelona



INTERNET COM A LABORATORI VIRTUAL

dins de l'ensenyament

D'ENGINYERIA DE MATERIALS



Autora: Cristina Lavilla Aguilar

Director: Santiago Suriñach Cornet

Titulació: Enginyeria de Materials

Convocatòria: Juny 2009

El sotasignant, en Santiago Suriñach i Cornet, fa constar que ha fet el seguiment des dels seus inicis, mitjançant tutories, del projecte de fi de carrera concloent a la titulació d'Enginyeria de Materials amb el títol:

“Internet com a laboratori virtual dins de l’ensenyament d’Enginyeria de Materials” de l’alumna **Cristina Lavilla Aguilar**.

Al mateix temps, considerant que és apte, autoritza la seva presentació i posterior defensa.

I per que així consti, signa la present, a Cerdanyola del Vallès, a 8 de juny de 2009.

Santiago Suriñach

Contingut

1.	INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS	5
2.	LABORATORIS VIRTUALS: PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES.....	6
3.	FUNCIONAMENT I ÚS D'APPLETS EN L'ENSENYAMENT	7
	<i>Pràctica virtual: Propietats mecàniques de materials compostos</i>	<i>7</i>
3.1.	Fonament teòric.....	7
3.1.1.	Mòdul de Young axial	8
3.1.2.	Mòdul de Young transversal.....	9
3.1.3.	Mòdul de Young en una direcció arbitrària.....	9
3.2.	Procediment virtual.....	10
3.2.1.	Determinació de tensions i deformacions en un material compost	10
3.2.2.	Rigidesa d'un material compost format per diverses capes	15
4.	BASE DE DADES D'APPLETS DISPONIBLES A INTERNET	20
4.1.	Applets per l'estudi de les propietats dels materials	20
4.1.1.	Propietats mecàniques.....	20
4.1.2.	Propietats elèctriques i electròniques	23
4.1.3.	Propietats magnètiques	29
4.1.4.	Propietats òptiques	30
4.1.5.	Propietats tèrmiques.....	32
4.1.6.	Comportament químic i mediambiental	33
4.2.	Applets per l'estudi de diversos tipus de materials	37
4.2.1.	Materials metàl·lics	37
4.2.2.	Materials ceràmics	44
4.2.3.	Materials polimèrics.....	45
4.2.4.	Materials compostos.....	46
4.3.	Applets per l'estudi de la microestructura dels materials	48
4.3.1.	Cristal·lografia	48
4.3.2.	Microscòpia electrònica	49
4.3.3.	Difracció de raigs X.....	50
4.4.	Applets per l'estudi de tècniques d'obtenció i processat de materials	53
4.4.1.	Diagrames de fases	53
4.4.2.	Solidificació i emmotllament.....	54
4.4.3.	Conformació per deformació plàstica	56

4.5.	Valoració dels applets segons diversos criteris	58
5.	CREACIÓ DE MATERIAL PROPI.....	62
	<i>Determinació de les tensions i direccions principals</i>	62
5.1.	Fonament teòric.....	62
5.2.	Aplicació d'elaboració pròpia usant MATLAB	65
6.	GRAU D'ACCEPTACIÓ DELS APPLETS COM A SUPORT EN L'ENSENYAMENT	69
6.1.	<i>Technology-Enabled Active Learning (TEAL) Project</i> realitzat al Massachusetts Institute of Technology (MIT).....	69
6.2.	Resultats de l'enquesta realitzada als estudiants d'Enginyeria de Materials de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)	72
7.	ASPECTES ECONÒMICS.....	75
8.	ASPECTES MEDIAMBIENTALS.....	77
9.	CONCLUSIONS	78
10.	REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES.....	80
11.	ANNEX	87
11.1.	Codi de l'applet per la determinació de tensions i direccions principals.....	87
11.2.	Enquesta realitzada als alumnes d'Enginyeria de Materials	90
11.3.	Càlcul de la importància relativa de cada metodologia d'ensenyament	92

1. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

Degut a la quantitat d'informació existent a Internet, a vegades pot resultar costós trobar allò que es requereix en el moment adequat. Cal sempre una bona tria de la informació, ja que no tot el que hi ha a la xarxa és realment verídica i/o útil.

L'objectiu principal d'aquest treball és seleccionar i presentar una sèrie de recursos disponibles a Internet, que permetin complementar o facilitar l'aprenentatge dels continguts de la titulació d'Enginyeria de Materials.

En el moment d'inici d'aquest treball, es disposava d'un Projecte Final de Carrera [1] dedicat a la recopilació de recursos disponibles en pàgines web, tant per al repàs de conceptes bàsics com per oferir suport en les pràctiques de laboratori de les següents assignatures: Propietats Mecàniques dels Materials i Laboratori de Tecnologia de Materials I.

En el present projecte es pretén continuar i ampliar els continguts de l'anterior treball, oferint una visió més global dels recursos que poden ser d'utilitat en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials. Entre tots els recursos existents, es fa èmfasi en l'ús d'aplicacions i simulacions dinàmiques en les quals l'alumne pugui interaccionar amb el cas d'estudi, modificant les variables d'entrada segons els objectius proposats.

Primer de tot, s'explicaran els principals avantatges i inconvenients que suposa la seva utilització com a complement de l'ensenyament; i es detallarà la metodologia que caldria seguir per tal que els estudiants puguin treure el màxim profit d'aquests recursos.

A continuació s'exposaran una sèrie d'aplicacions que poden ser útils en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials, classificades segons la temàtica de les mateixes; i es realitzarà una valoració de les característiques de cadascuna.

Seguidament es presentarà una aplicació d'elaboració pròpia, així com el fonament teòric en què es basa.

Finalment es realitzarà un estudi sobre el grau d'acceptació de l'ús d'aquestes tecnologies a l'actualitat; així com un anàlisi econòmic i mediambiental de la seva implementació.

2. LABORATORIS VIRTUALS: PRINCIPALS CARACTERÍSTIQUES

Un laboratori virtual es pot definir com un sistema computacional en el qual es realitzen experiments pas a pas, seguint un procediment similar al d'un laboratori tradicional. Es visualitzen instruments i fenòmens mitjançant objectes dinàmics (applets¹ de Java, applets de Flash...), imatges o animacions. S'obtenen resultats numèrics que es poden tractar per tal d'assolir els objectius proposats en cada cas [2].

Els laboratoris virtuals apropen i faciliten als estudiants la realització d'experiències, tot i que alumne i laboratori no coincideixin en l'espai com en el cas d'un laboratori tradicional. Redueixen el cost de muntatge i manteniment; són una alternativa barata en què l'alumne simula els fenòmens a estudiar com si els observés al laboratori tradicional.

Són una eina d'autoaprenentatge en què l'estudiant altera les variables d'entrada i configura nous experiments. Les simulacions al laboratori virtual permeten obtenir una visió més intuïtiva d'aquells fenòmens que en la seva realització manual no aporten suficient claredat gràfica. La simulació interactiva aïllada posseeix poc valor didàctic; aquesta ha d'utilitzar-se dins d'un conjunt de conceptes i elements que guiïn a l'alumne en el procés d'aprenentatge [2-4].

D'aquesta manera, els estudiants poden complementar a través d'Internet, d'una manera activa, visual i pràctica, els coneixements explicats durant les classes de teoria. La interactivitat inherent a aquestes aplicacions permet a l'estudiant explorar, cometre errors i corregir les seves pròpies respostes. Els alumnes aprenen mitjançant un mètode de prova i error, podent aturar el procés en qualsevol moment i repetir la pràctica tantes vegades com desitgin [3].

D'altra banda, també existeix el risc que en un laboratori virtual l'estudiant es comporti com un simple espectador. Per evitar-ho, és important que les activitats s'acompanyin amb un guió que expliqui el concepte a estudiar. És necessari que l'alumne realitzi una activitat ordenada i progressiva.

Cal destacar, també, que l'estudiant no utilitza elements reals en el laboratori virtual, fet que provoca una pèrdua parcial de la visió de la realitat [5]. Les simulacions no poden substituir les lliçons teòriques, ni l'experiència pràctica altament enriquidora del laboratori tradicional. S'han d'utilitzar com una eina complementària per formar a la persona i obtenir un major rendiment [2, 6].

A més a més, no sempre es disposa de la simulació adequada pel tema que el professor desitja treballar. A Internet existeix molta informació, però per tal que resulti útil en el procés d'ensenyament i aprenentatge, cal seleccionar acuradament els continguts rellevants per als alumnes.

¹ Un applet és un component d'una aplicació que s'executa dins d'un navegador web.

3. FUNCIONAMENT I ÚS D'APPLETS EN L'ENSENYAMENT

Tal com s'ha exposat anteriorment, és important que els estudiants disposin d'un guió que descrigui la metodologia d'ús i expliqui una sèrie de conceptes previs, que permetin l'aprofitament màxim dels recursos per part de l'alumne.

Si es volguessin utilitzar tots els applets del present treball seria convenient realitzar un guió per cadascun d'ells.

Com a exemple, en aquest apartat s'explicarà el funcionament de dos applets, concretament sobre la *determinació de propietats mecàniques en materials compostos*, junt amb els coneixements que l'alumne ha de tenir per poder entendre els resultats i les variables que intervenen en el seu funcionament; així com algunes possibles qüestions a respondre pels estudiants.

El contingut del guió d'aquesta *pràctica virtual* es presenta a continuació.

Pràctica virtual: Propietats mecàniques de materials compostos

3.1. Fonament teòric

El mòdul de Young o mòdul d'elasticitat és una propietat característica de cada material (Figura 1).

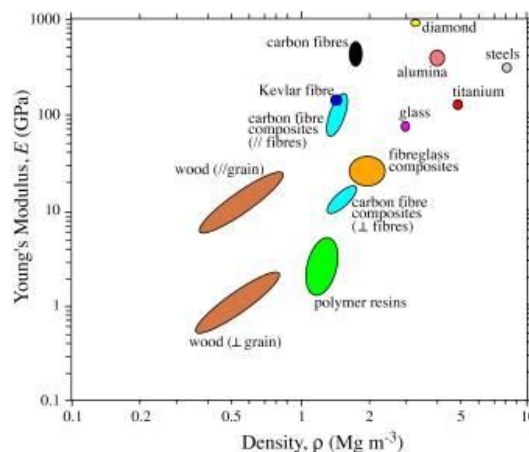


Figura 1. Representació del mòdul de Young respecte la densitat per diversos materials. Font: [7]

En el cas d'un material compost format per una matriu i una sèrie de fibres reforçants paral·leles unidireccionals, els mòduls de Young axial i transversal es poden predir usant un model simple, en el qual la fibra i la matriu estan representades per capes paral·leles, amb gruixos proporcionals a les seves fraccions volumètriques f i $(1-f)$, respectivament.

3.1.1. Mòdul de Young axial

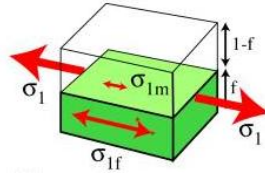


Figura 2. Tensió axial. Isodeformació. Font: [7]

Per tal de predir el mòdul de Young axial cal considerar l'aplicació d'una càrrega paral·lela a les fibres (Figura 2). En aquest cas, la deformació de la fibra és igual a la deformació de la matriu (isodeformació).

$$\varepsilon_c = \varepsilon_f = \varepsilon_m \quad (1)$$

La força que suporta el material compost és igual a la força suportada per les fibres més la força que suporta la matriu.

$$F_c = F_f + F_m \quad (2)$$

L'expressió (2) també es pot escriure de la següent manera

$$\sigma_c \cdot A_c = \sigma_f \cdot A_f + \sigma_m \cdot A_m \quad (3)$$

Considerant que la llargada de la matriu i la de les fibres és la mateixa

$$\frac{A_f}{A_c} = V_f \quad (4) \quad \text{On } V_f \text{ és la fracció en volum de fibres}$$

$$\frac{A_m}{A_c} = V_m \quad (5) \quad \text{On } V_m \text{ és la fracció en volum de matriu}$$

Substituint (4) i (5) a (3), i tenint en compte que $V_f + V_m = 1$

$$\sigma_c = \sigma_f \cdot V_f + \sigma_m \cdot (1 - V_f) \quad (6)$$

En règim elàstic tant de la matriu com de la fibra

$$E_c \cdot \varepsilon_c = E_f \cdot \varepsilon_f \cdot V_f + E_m \cdot \varepsilon_m \cdot (1 - V_f) \quad (7)$$

Com es tracta d'un cas d'isodeformació, d'acord amb l'expressió (1) s'obté que

$$E_c = E_f \cdot V_f + E_m \cdot (1 - V_f) \quad (8)$$

3.1.2. Mòdul de Young transversal

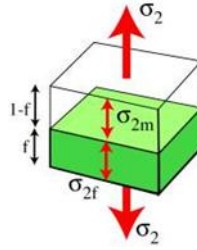


Figura 3. Tensió transversal. Isotensió. Font: [7]

La matriu i la fibra suporten la mateixa força. Degut a que l'àrea transversal és la mateixa, es tracta d'un cas d'isotensió (Figura 3).

$$\sigma_c = \sigma_f = \sigma_m \quad (9)$$

La matriu i la fibra es deformen diferent

$$\varepsilon_c = V_f \cdot \varepsilon_f + V_m \cdot \varepsilon_m \quad (10)$$

En règim elàstic

$$\frac{\sigma_c}{E_c} = V_f \cdot \frac{\sigma_f}{E_f} + V_m \cdot \frac{\sigma_m}{E_m} \quad (11)$$

Substituint (9) a (11), i tenint en compte que $V_f + V_m = 1$

$$\frac{1}{E_c} = \frac{V_f}{E_f} + \frac{(1 - V_f)}{E_m} \quad (12)$$

Per tant

$$E_c = \frac{E_f \cdot E_m}{V_f \cdot E_m + (1 - V_f) \cdot E_f} \quad (13)$$

3.1.3. Mòdul de Young en una direcció arbitrària

Els materials compostos amb fibres alineades són molt rígids en l'eix de les fibres, però no ho són en la direcció transversal.

Es pot definir l'angle ϕ com l'angle de rotació en el pla xy (Figura 4). El mòdul d'elasticitat d'aquest material compost serà característic per cada angle ϕ .

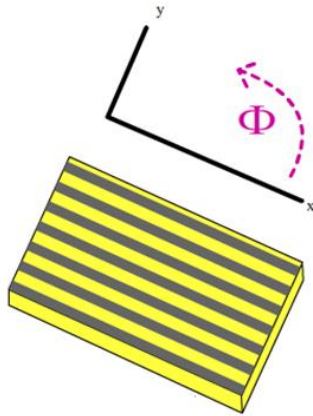


Figura 4. Angle ϕ . La direcció de l'eix x correspon a $\phi=0$. Font: [8]

Algunes aplicacions requereixen un material que sigui isòtrop, és a dir, que tingui la mateixa rigidesa en totes direccions. Un procediment per obtenir un material compost isòtrop consisteix en situar capes successives de material fibrat en angles ϕ diferents, fins aconseguir que no existeixi cap direcció privilegiada.

3.2. Procediment virtual

3.2.1. Determinació de tensions i deformacions en un material compost

L'objectiu d'aquest apartat és determinar la tensió que suporta cadascun dels components (matriu i fibres) quan s'aplica una càrrega axial o transversal, així com la deformació produïda.

3.2.1.1. Funcionament dels applets

Primer de tot, determinareu les tensions per al cas d'una càrrega axial.

Amb els botons *Fibre volume fraction* i *Fibre/matrix stiffness ratio*, seleccioneu la fracció en volum de fibres i el quocient entre els mòduls d'elasticitat de la fibra i la matriu, respectivament (Figura 5).



Figura 5. Determinació de tensions axials. Primer pas. Applet: [7]

A continuació premeu el botó *Load*, per tal d'aplicar la càrrega (Figura 6).

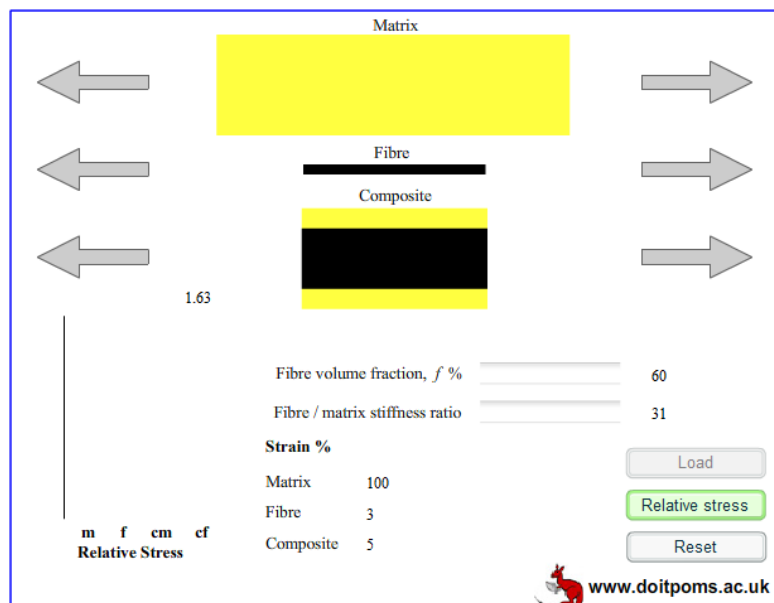


Figura 6. Determinació de tensions axials. Segon pas. Applet: [7]

Observeu que en el material compost la deformació d'ambdós components és la mateixa. En canvi, en la matriu i la fibra per separat, la deformació de la matriu és molt major a la de la fibra.

Premeu el botó *Relative stress* per calcular les tensions suportades per cada component (Figura 7).

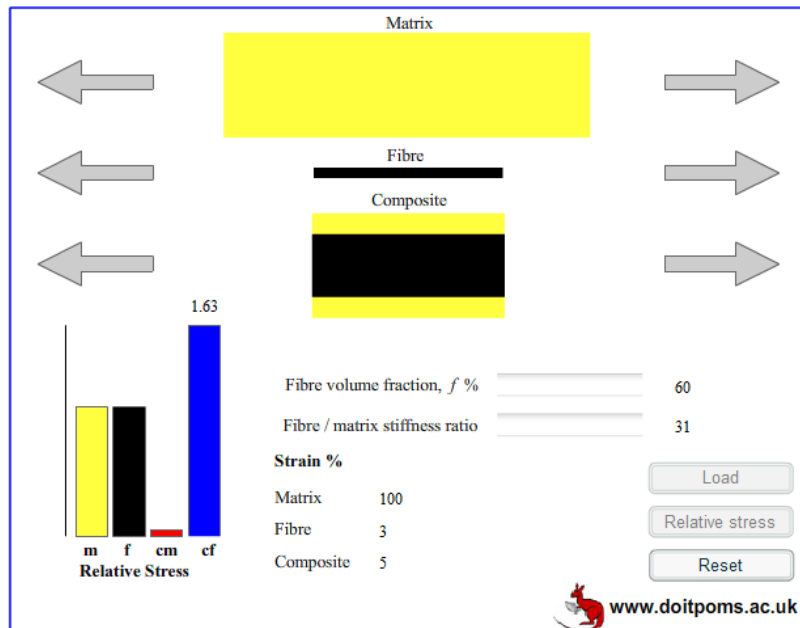


Figura 7. Determinació de tensions axials. Tercer pas. Applet: [7]

A continuació, determinareu les tensions per al cas d'una càrrega transversal.

Amb els botons *Fibre volume fraction* i *Fibre/matrix stiffness ratio*, seleccioneu la fracció en volum de fibres i el quocient entre els mòduls d'elasticitat de la fibra i la matriu, respectivament (Figura 8).

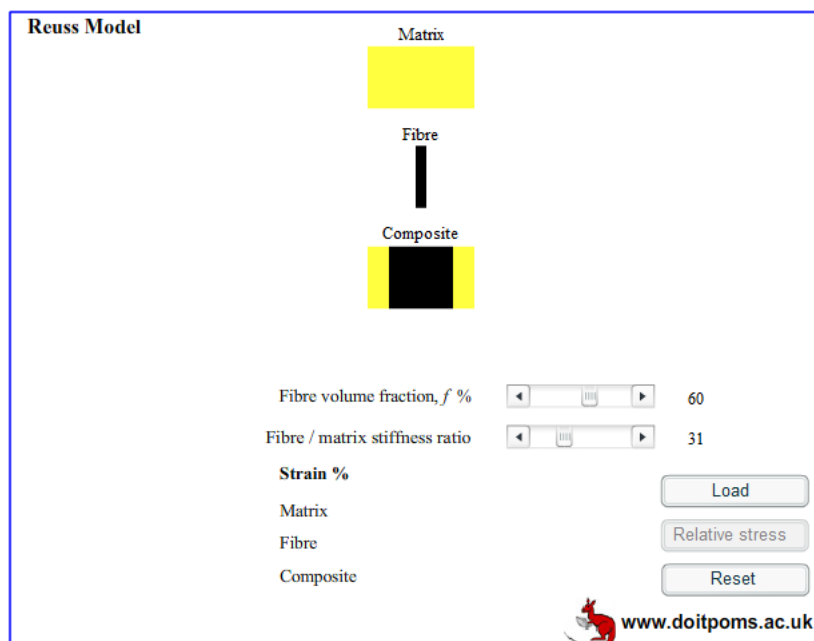


Figura 8. Determinació de tensions transversals. Primer pas. Applet: [7]

A continuació premeu el botó *Load*, per tal d'aplicar la càrrega (Figura 9).

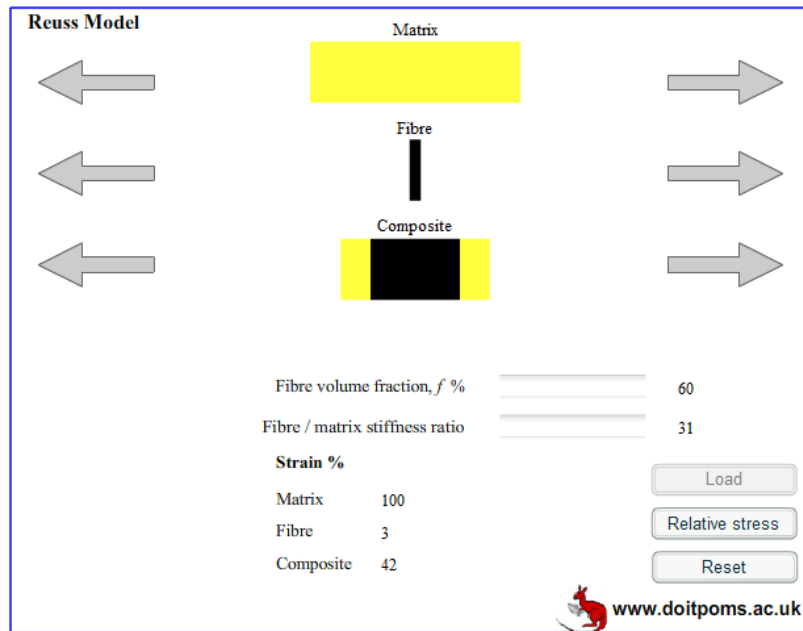


Figura 9. Determinació de tensions transversals. Segon pas. Applet: [7]

Premeu el botó *Relative stress* per calcular les tensions suportades per cada component (Figura 10).

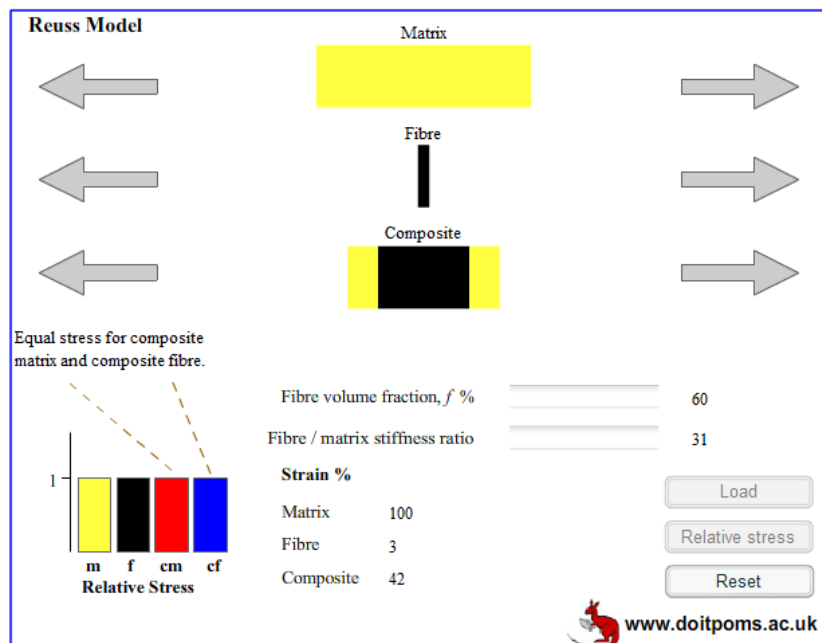


Figura 10. Determinació de tensions transversals. Tercer pas. Applet: [7]

Observeu que en el material compost la deformació de la matriu és diferent a la de la fibra, però les tensions són les mateixes.

Visualitzeu les deformacions microestructurals en el cas d'una càrrega axial i d'una càrrega transversal prement els botons *Axial loading* i *Transverse loading*, respectivament (Figura 11).

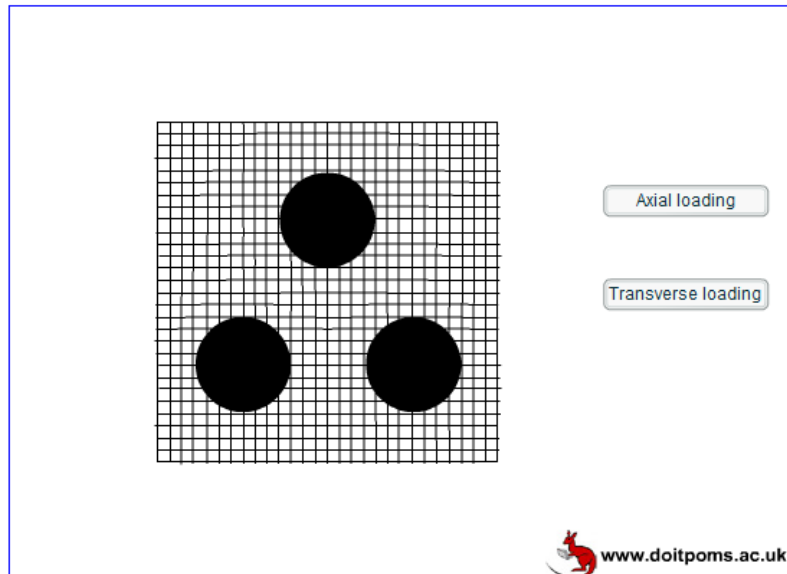


Figura 11. *Determinació de deformacions. Primer pas. Applet:* [7]

Observeu que en el cas d'una càrrega axial les deformacions són uniformes (Figura 12).

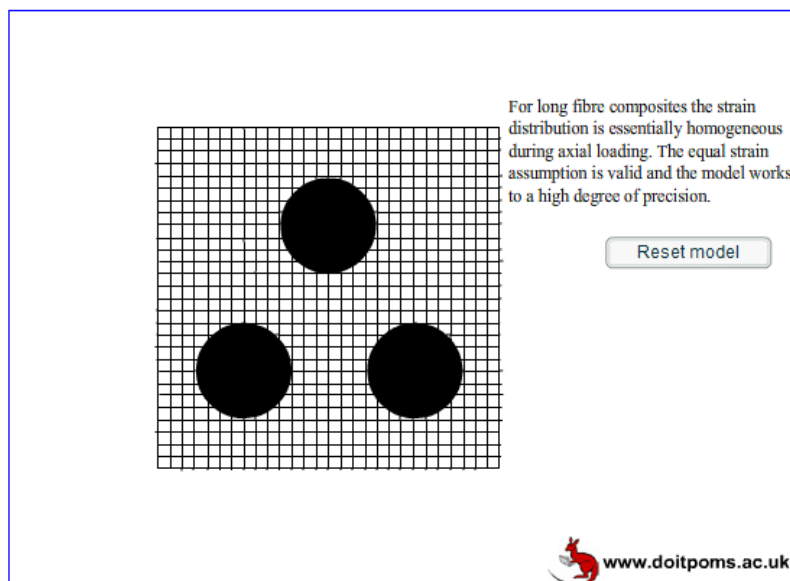


Figura 12. *Determinació de deformacions. Segon pas. Applet:* [7]

Noteu també que en el cas d'una càrrega transversal les deformacions no són uniformes (Figura 13).

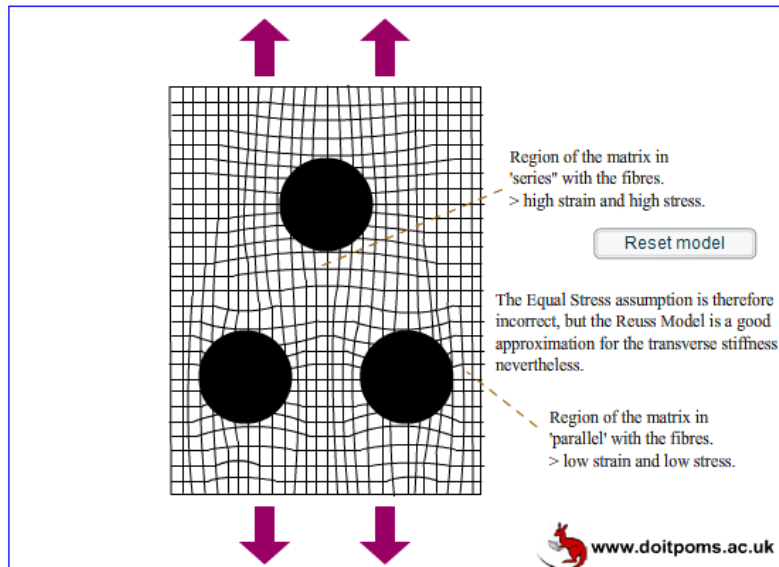


Figura 13. Determinació de deformacions. Tercer pas. Applet: [7]

3.2.1.2. Questions

Per al material compost caracteritzat pels següents paràmetres

- Fracció en volum de fibres = 57 %
- Fracció en volum de matriu = 43 %
- $\frac{E_f}{E_m} = 35$

Determineu les tensions i deformacions de cada component quan

- S'aplica una càrrega en la direcció de l'eix de les fibres
- S'aplica una càrrega en la direcció perpendicular a l'eix de les fibres

3.2.2. Rigidesa d'un material compost format per diverses capes

L'objectiu d'aquest apartat és observar l'efecte d'apilar diverses capes de material compost fibrós, amb diferents orientacions relatives.

3.2.2.1. Funcionament dels applets

Primer de tot, observeu que la rigidesa d'un material compost fibrós format per una sola capa és una propietat anisotròpica, és a dir, depèn de la direcció (Figura 14).

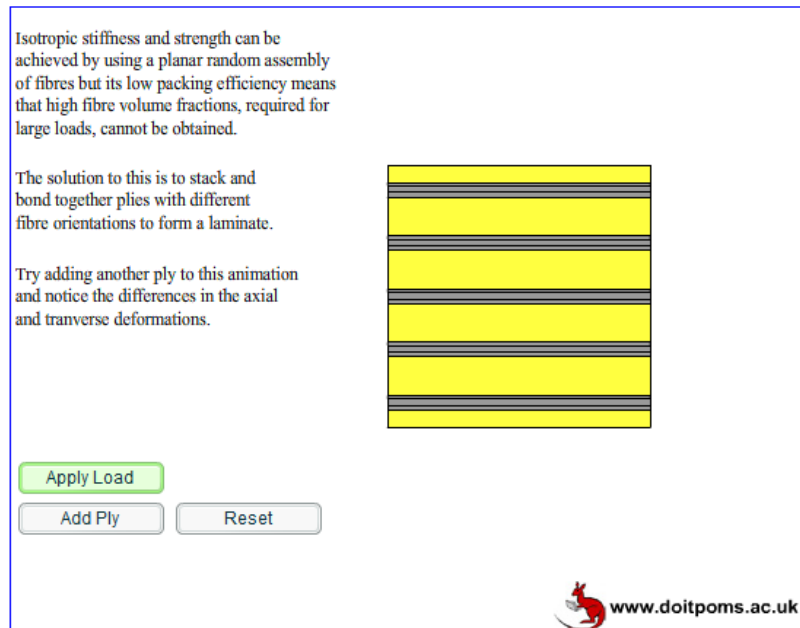


Figura 14. Dependència de la rigidesa amb la direcció. Primer pas. Applet: [8]

Premeu el botó *Apply Load*, per tal d'aplicar la càrrega.

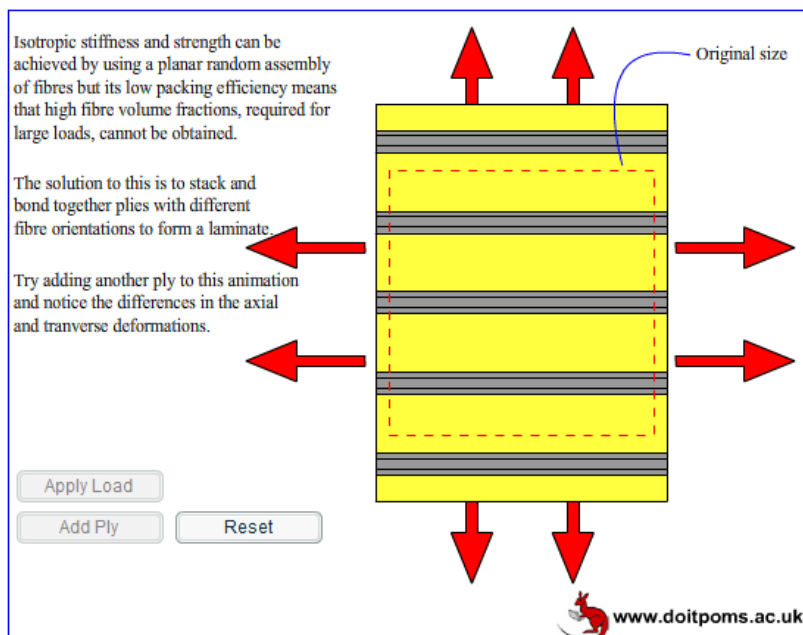


Figura 15. Dependència de la rigidesa amb la direcció. Segon pas. Applet: [8]

Noteu que el material és molt més rígid en la direcció de les fibres que en la direcció perpendicular (Figura 15).

Afegiu una nova capa de material, amb les fibres situades perpendicularment a les fibres de la primera capa. Premeu el botó *Add Ply*. A continuació premeu el botó *Apply Load*, per tal d'aplicar la càrrega.

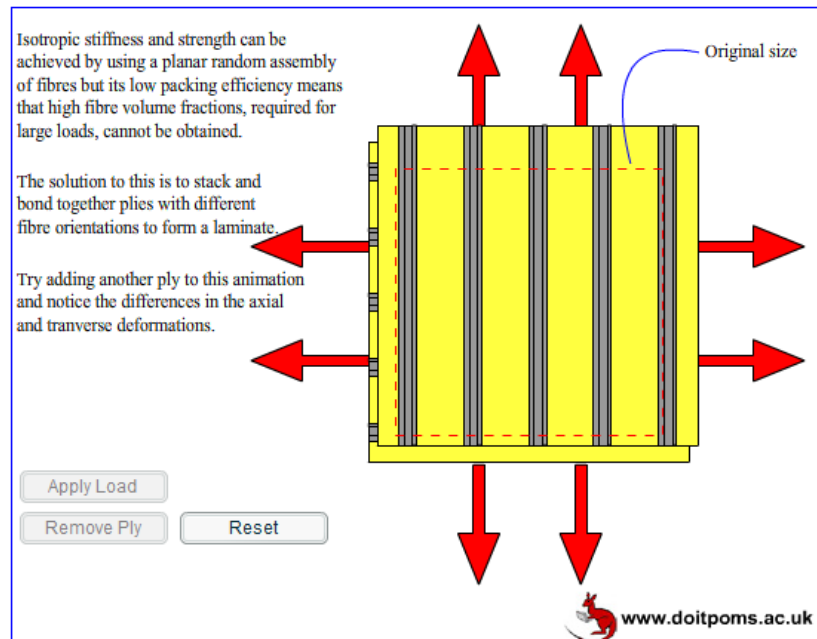


Figura 16. Dependència de la rigidesa amb la direcció. Tercer pas. Applet: [8]

Noteu que en aquest cas la rigidesa tampoc és la mateixa en les dues direccions, però la diferència és menys notable que en el cas d'una sola capa (Figura 16).

A continuació afegiu diverses capes de material, variant també l'orientació relativa de cadascuna de les capes (angle ϕ). La naturalesa de la matriu i de les fibres es pot variar clicant a la casella corresponent.

Inseriu el valor de ϕ i reguleu la barra $f/\%$ segons la fracció en volum de fibres que desitgeu (Figura 17).

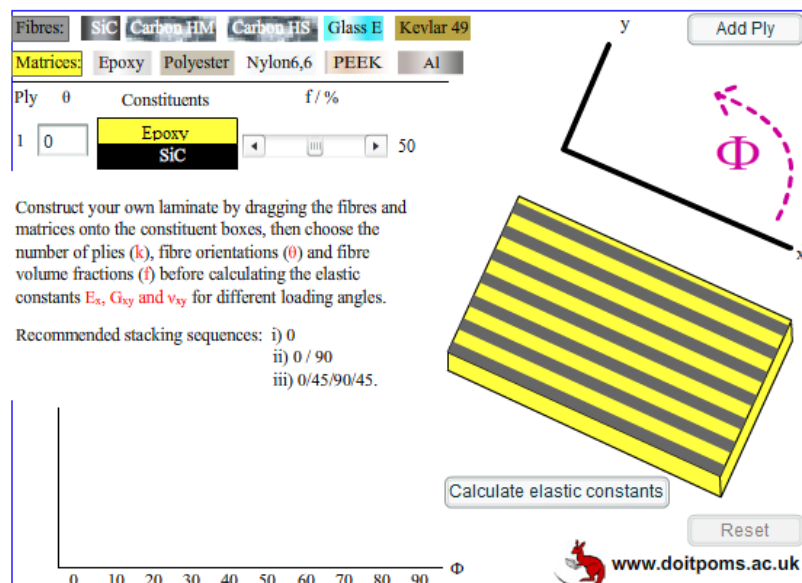


Figura 17. Material compost format per diverses capes. Primer pas. Applet: [8]

Premeu la casella *Add Ply* per afegir una altra capa, i caracteritzeu-la també amb els paràmetres descrits anteriorment (Figura 18).

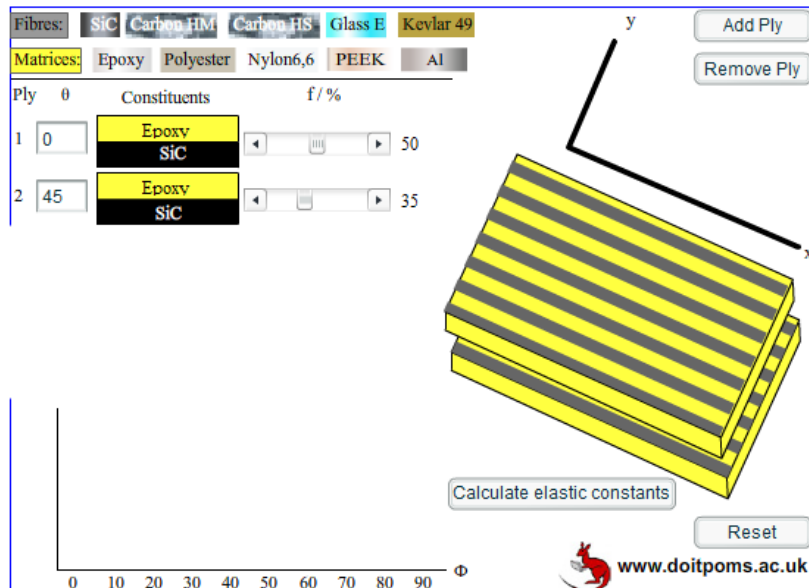


Figura 18. Material compost format per diverses capes. Segon pas. Applet: [8]

Repetiu els passos anteriors tantes vegades com calgui, i després premeu el botó *Calculate elastic constants*.

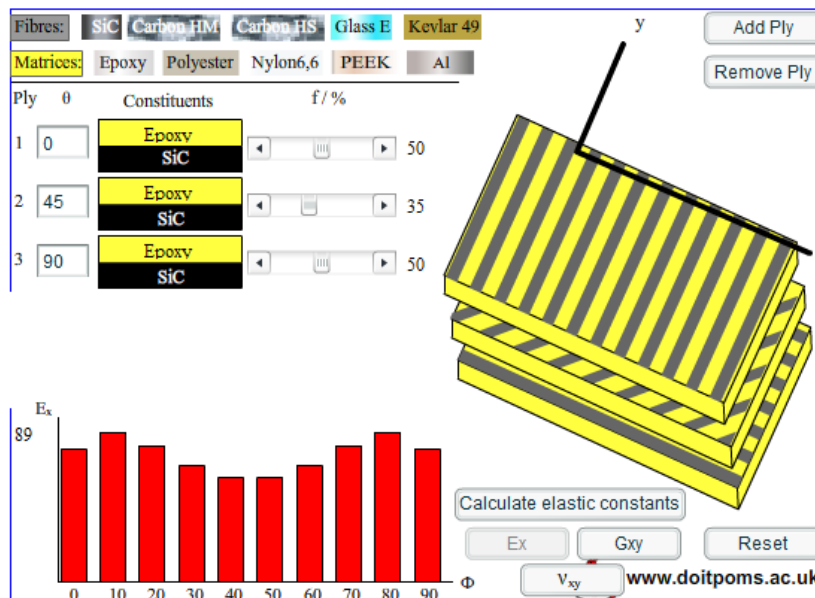


Figura 19. Material compost format per diverses capes. Tercer pas. Applet: [8]

Noteu que el valor de E depèn de la direcció -cada direcció es pot caracteritzar per l'angle que forma amb l'eix x (ϕ)- (Figura 19) . Observeu que l'anisotropia del material es pot regular en funció de l'orientació relativa de les capes.

3.2.2.2. Qüestions

- Per un compost laminat fet a partir de fibres Carbon HM en una matriu epoxy (fracció en volum 40 matriu : 60 fibres) amb la seqüència 0/15/50/55/60°, per quin angle el mòdul de Young és màxim?
- Trobeu una seqüència de capes del mateix material compost en la qual el mòdul de Young sigui una propietat isotròpica.

4. BASE DE DADES D'APPLETS DISPONIBLES A INTERNET

4.1. Applets per l'estudi de les propietats dels materials

En aquest apartat s'inclouen animacions referides a l'estudi de les principals propietats dels materials: mecàniques, elèctriques, magnètiques, òptiques, tèrmiques i químiques.

4.1.1. Propietats mecàniques

Es disposa d'una sèrie de simulacions que tracten diverses propietats mecàniques d'interès, entre elles, la fluència, les propietats que s'extreuen de l'assaig de tracció, l'assaig Charpy i la duresa.

D'una banda, hi ha disponibles applets que permeten controlar la velocitat de fluència variant una sèrie de paràmetres [9] (Figura 20).

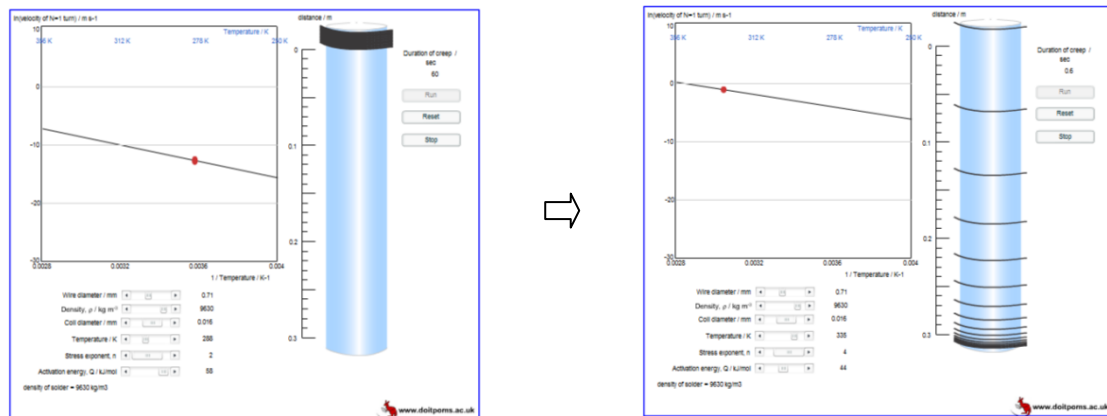


Figura 20. Velocitat de fluència. Applet: [9]

Existeixen també diverses animacions que fan referència a l'assaig de tracció: la seva realització experimental [10] (Figura 21); les etapes fonamentals de la corba tensió-deformació [11] (Figura 22); els canvis en la microestructura d'un polímer quan aquest es sotmet a un assaig de tracció [12] (Figura 23); la mesura del mòdul d'elasticitat [13] (Figura 24) i el moviment de les dislocacions [14-16] (Figures 25-27).

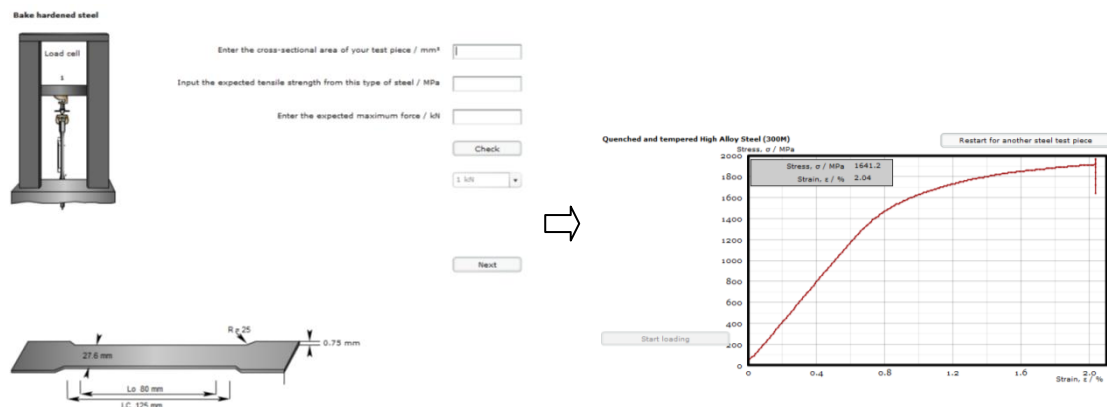


Figura 21. Assaig de tracció. Applet: [10]

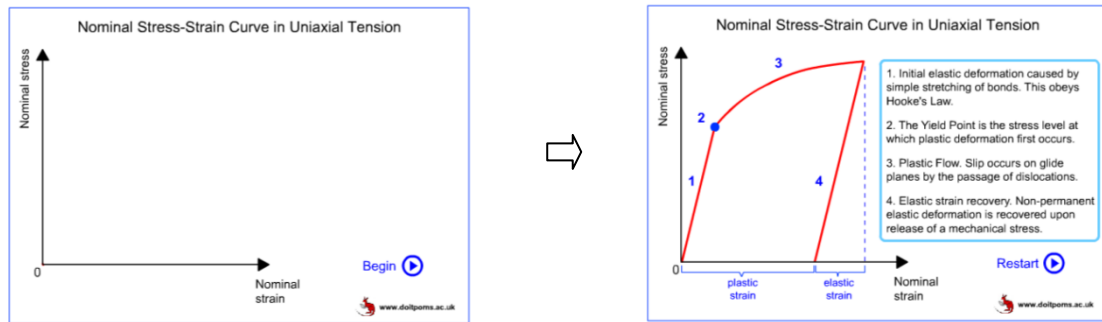


Figura 22. Etapes de l'assaig de tracció. Applet: [11]

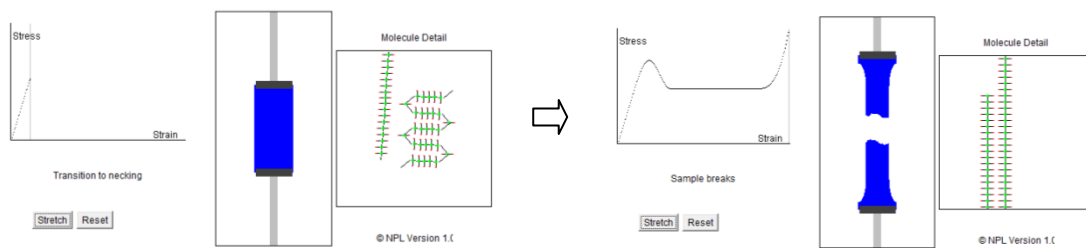


Figura 23. Canvis en la microestructura d'un polímer durant l'assaig de tracció. Applet: [12]

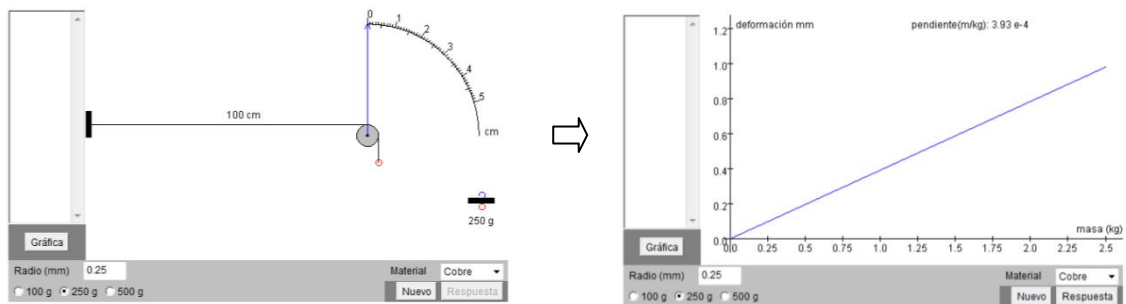


Figura 24. Determinació del mòdul d'elasticitat. Applet: [13]

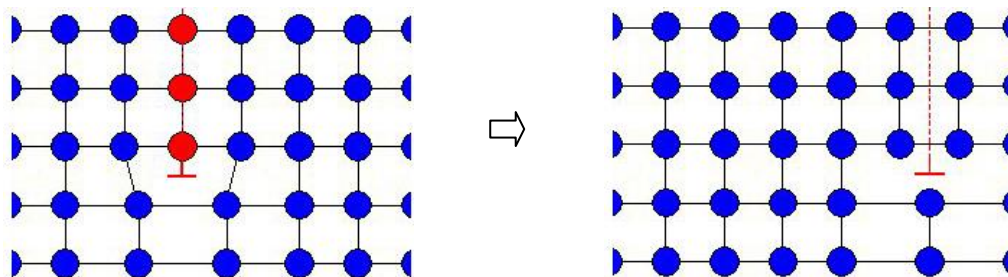


Figura 25. Moviment de les dislocacions. Applet: [14]

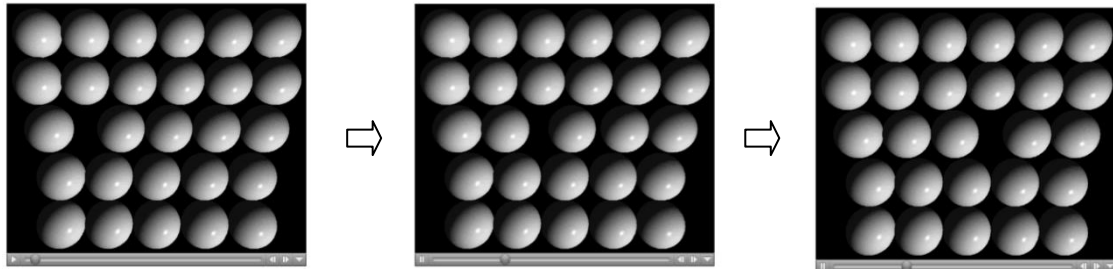


Figura 26. Moviment de les dislocacions. Applet: [15]

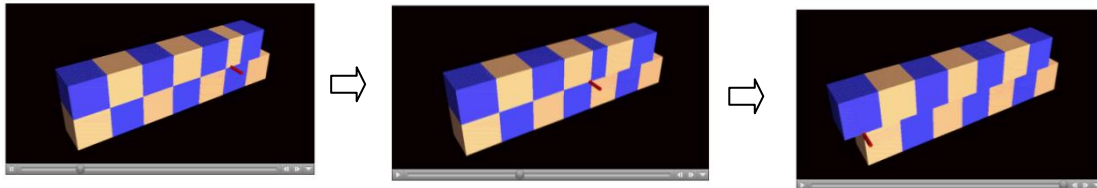


Figura 27. Moviment de les dislocacions. Applet: [16]

Es disposa d'un applet que simula l'assaig Charpy [17] (Figura 28).

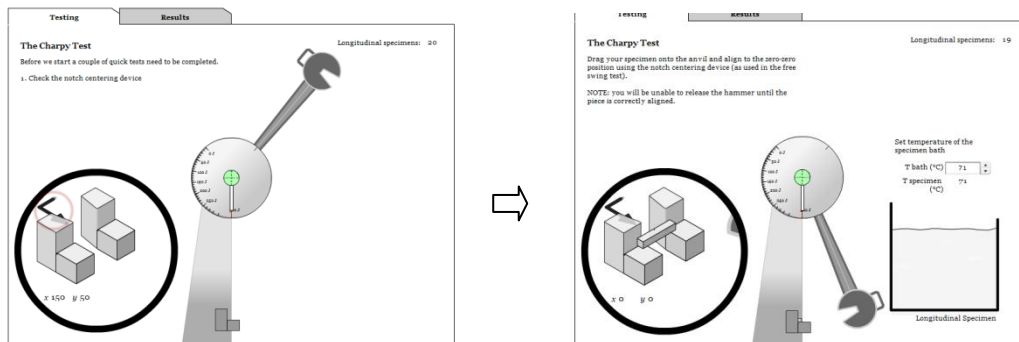


Figura 28. Assaig Charpy. Applet: [17]

D'altra banda, es disposa d'un conjunt d'animacions que permeten visualitzar diferents assajos i mesures de duresa: Brinell [18] (Figura 29), Knoop [19] (Figura 30) i Vickers [20,21] (Figures 31,32).

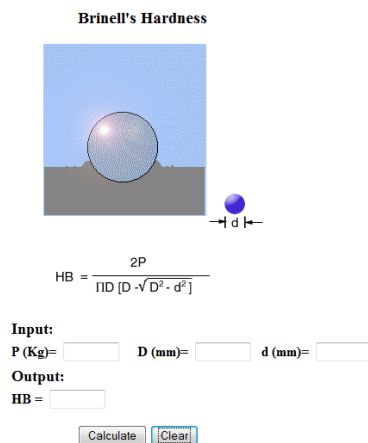


Figura 29. Duresa Brinell. Applet: [18]

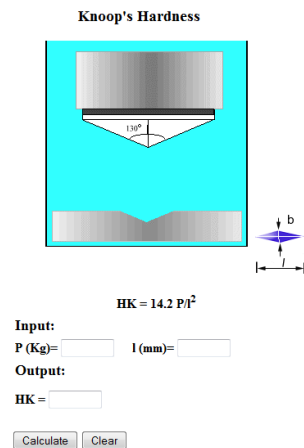


Figura 30. Duresa Knoop. Applet: [19]

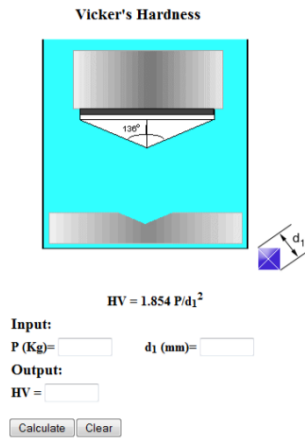


Figura 31. Duresa Vickers. Applet: [20]

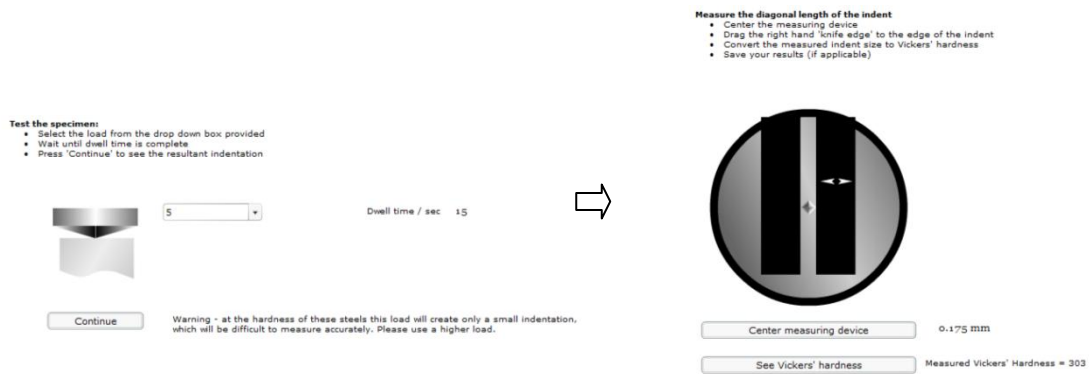
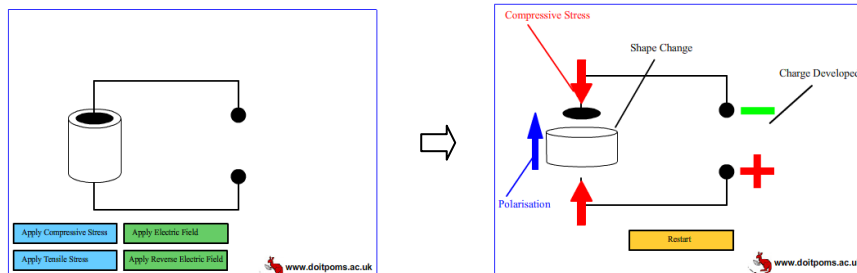


Figura 32. Duresa Vickers. Applet: [21]

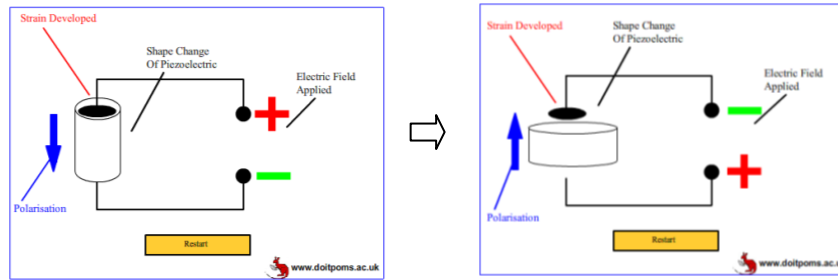
4.1.2. Propietats elèctriques i electròniques

Propietats com la piezoelectricitat, el caràcter dielèctric, la superconductivitat, la semiconducció, la piroelectricitat o la ferroelectricitat poden explicar-se amb l'ajuda d'applets.

En primer lloc es presenten les animacions relacionades amb la piezoelectricitat. L'applet següent permet visualitzar la resposta del material a una tensió mecànica, tant de tracció com de compressió; i també permet controlar l'efecte invers, sotmetent el material piezoelèctric a un camp elèctric [22] (Figura 33).



33.a.



33.b.

Figura 33. Materials piezoelectrics. (a) Efecte directe. (b) Efecte invers. Applet: [22]

Altres animacions relacionen aquest efecte amb l'estructura cristal·lina del material [23] (Figura 34), o permeten veure la utilitat d'aquest tipus de materials en objectes d'ús comú, com rellotges, micròfons o guitarres [24] (Figura 35).

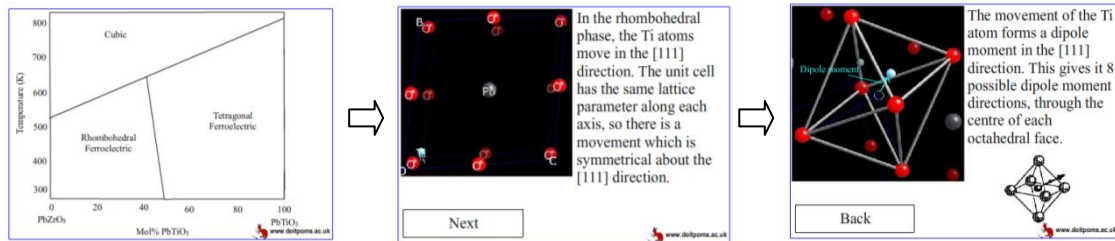


Figura 34. Materials piezoelectrics. Applet: [23]

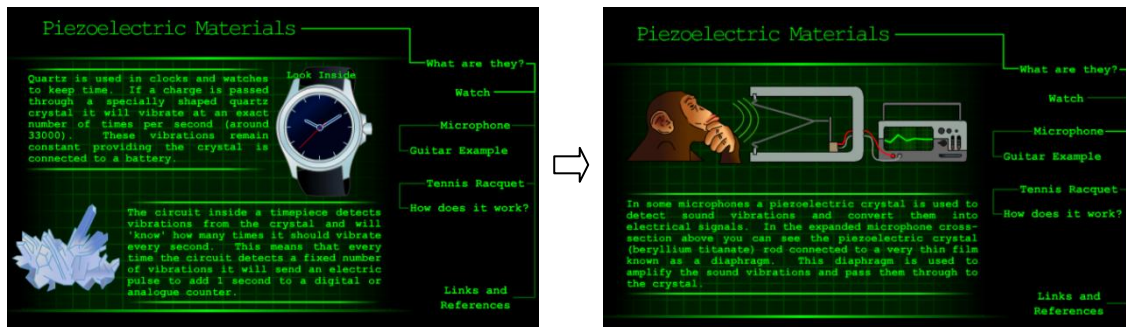


Figura 35. Usos dels materials piezoelectrics. Applet: [24]

A continuació es presenten els recursos relacionats amb el comportament dielèctric. La simulació [25] mostra els diferents tipus de polarització que poden presentar els materials dielèctrics: polarització electrònica, iònica i d'orientació (Figura 36).

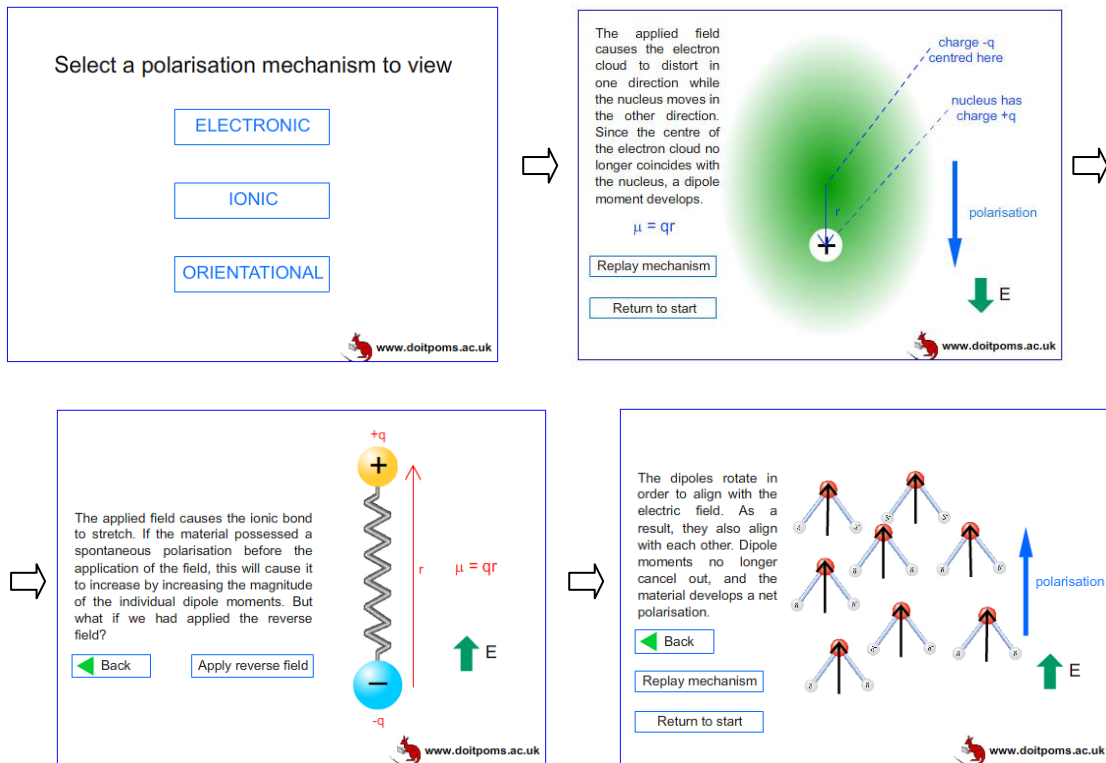


Figura 36. Tipus de polarització: electrònica, iònica i d'orientació. Applet: [25]

L'animació [26] permet conèixer l'efecte de la freqüència d'un camp elèctric altern en cadascun dels mecanismes de polarització, així com en la constant dielèctrica (Figura 37).

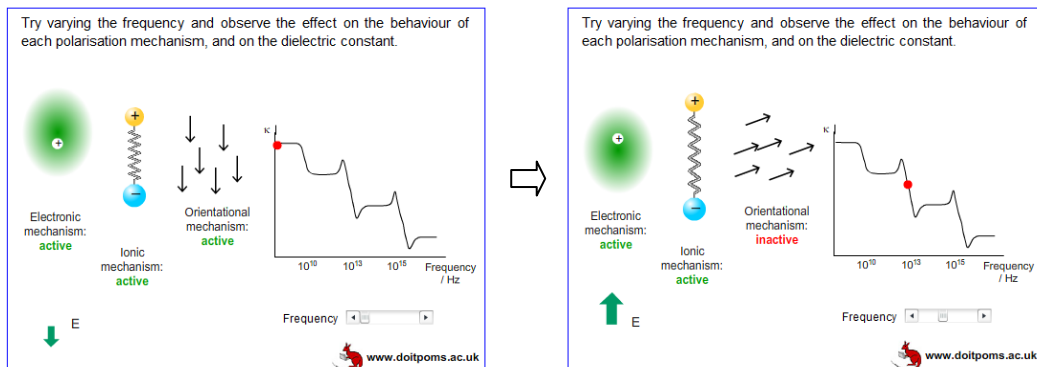


Figura 37. Efecte de la freqüència del camp elèctric en els mecanismes de polarització. Applet: [26]

L'applet [27] mostra la variació en la capacitat d'un condensador quan s'insereix un dielèctric entre les seves plaques (Figura 38).

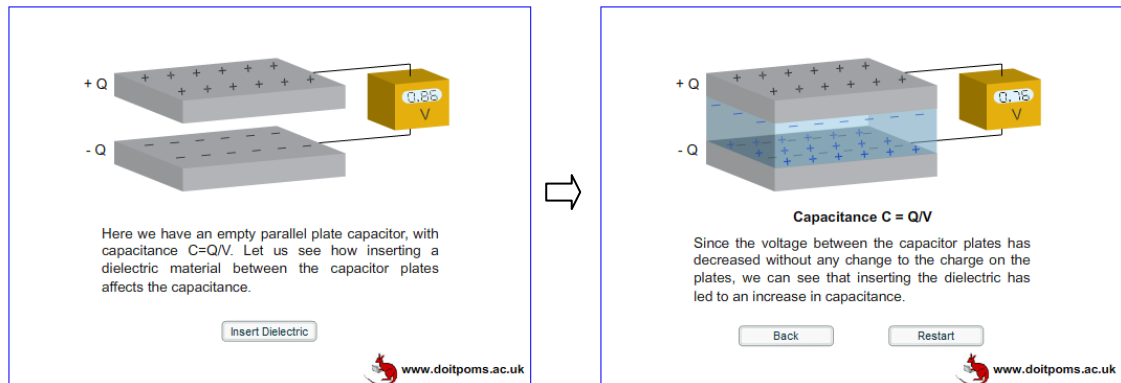


Figura 38. Introducció d'un dielèctric entre les plaques d'un condensador. Applet: [27]

Altres simulacions permeten correlacionar l'estructura amb la constant dielèctrica del material [28], comprendre el fenomen de ruptura dielèctrica [29] o veure la influència de la temperatura en la constant dielèctrica [30] (Figura 39).

Drag and drop the materials into the appropriate boxes to arrange them in order of dielectric constant. You can press "Check answers" to see how you did, or "Reveal answers" to see the correct answers and a brief explanation of each.

Material	κ	Material	κ
Lead zirconium titanate (PZT)	~4		~4
	~80		~2
	~10	Nitrogen	~2
			~10

Polyvinylidene fluoride (PVDF)

Natural rubber

Hydrogen fluoride

Polypropylene

39.a.

An electric field of sufficient strength can supply enough energy to promote many electrons to the conduction band at once. Since electrons in the conduction band act as charge carriers, the material now conducts charge rather than storing it.

Energy

Conduction band (occupied)

Valence band (occupied)

Energy gap E_g

39.b.

Try adjusting the temperature and observe the effect on the rotation of the molecules. Thus deduce how temperature affects the dielectric constant.

COLD HOT

Temperature

As the temperature is increased, the dielectric constant will...

Increase Decrease Stay the same



Try adjusting the temperature and observe the effect on the rotation of the molecules. Thus deduce how temperature affects the dielectric constant.

COLD HOT

Temperature

As the temperature is increased, the dielectric constant will...

Increase Decrease Stay the same

39.c.

Figura 39. Propietats dielèctriques. (a) Relació entre la constant dielèctrica i l'estructura. (b) Fenomen de ruptura dielèctrica. (c) Influència de la temperatura en la constant dielèctrica. Applets: [28,29,30]

També es disposa d'una sèrie d'applets relacionats amb la superconductivitat.

Els primers consisteixen en la visualització de les principals propietats dels superconductors: resistència elèctrica nul·la i expulsió del camp magnètic de l'interior de la mostra [31] (Figura 40).

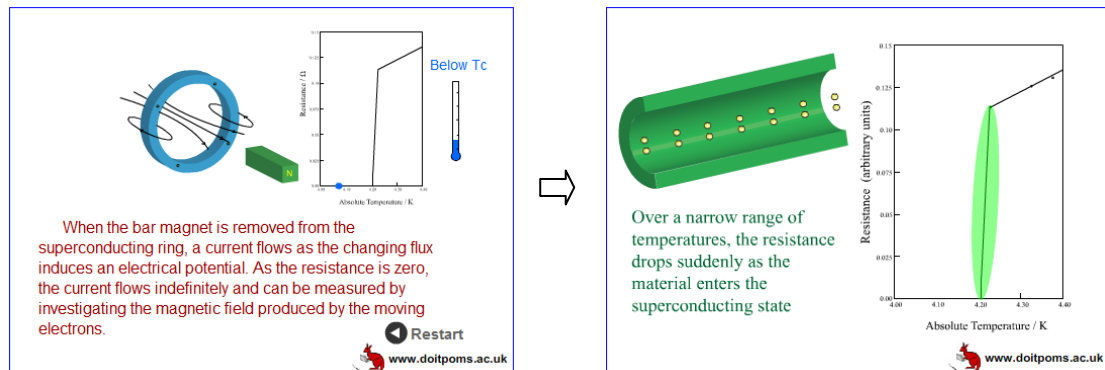


Figura 40. Propietats dels materials superconductors. Applet: [31]

Altres expliquen interactivament les diferències entre els dos tipus de superconductors: tipus I o tipus II [32] (Figura 41); o permeten conèixer algunes de les aplicacions d'aquests materials, com per exemple el tren de levitació magnètica [33,34] (Figures 42,43).

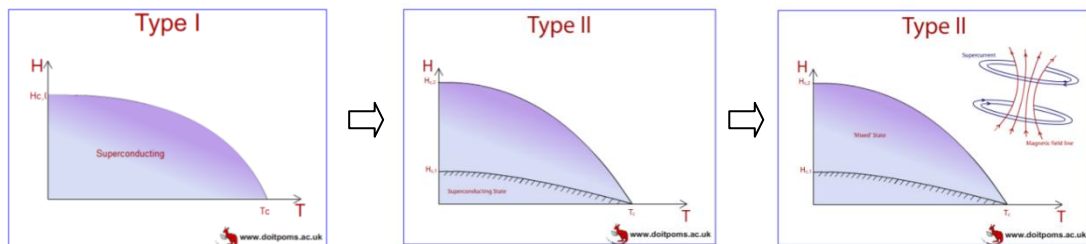
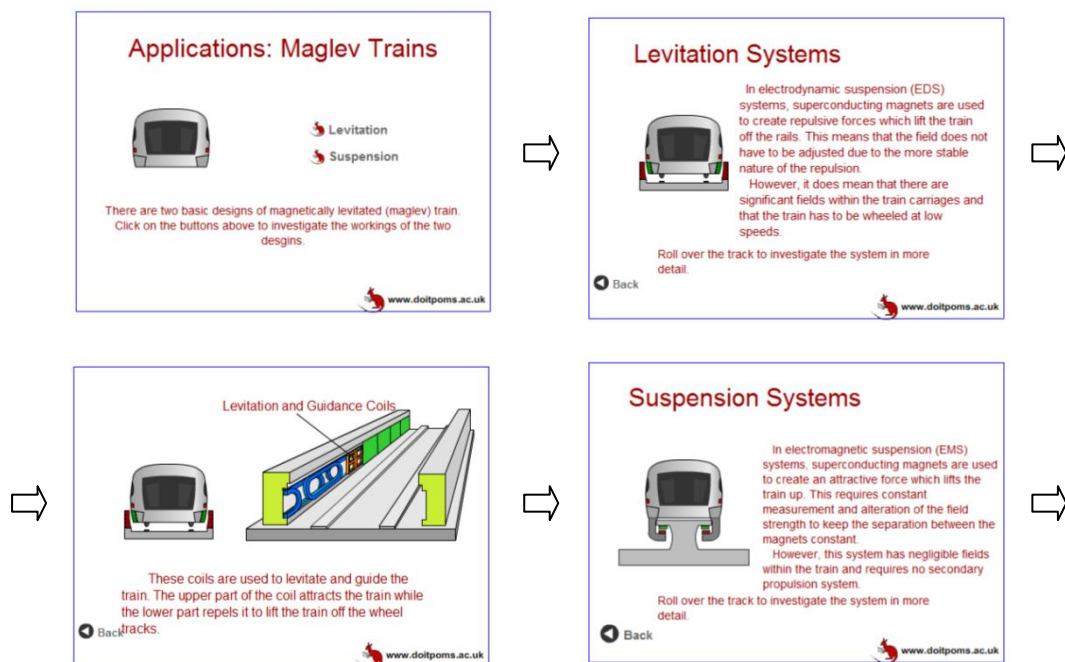


Figura 41. Tipus de superconductors. Applet: [32]



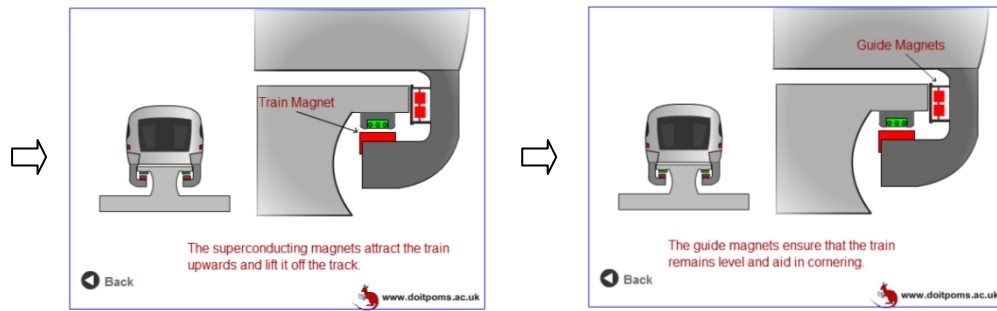


Figura 42. Funcionament d'un tren de levitació magnètica. Applet: [33]

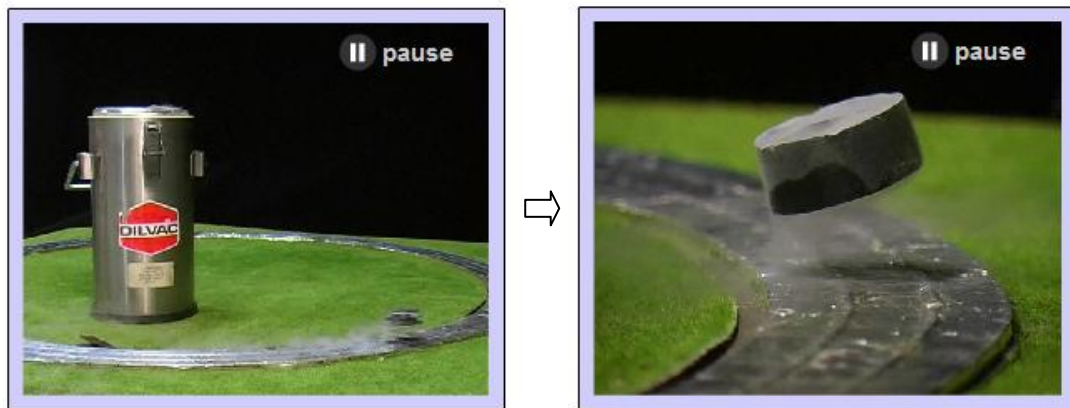


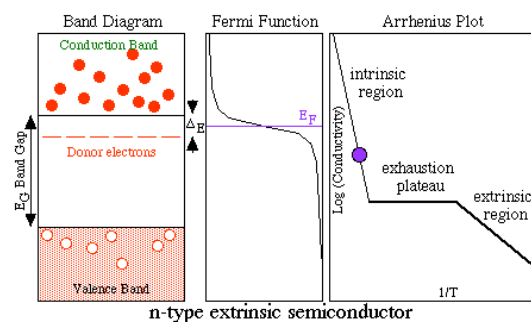
Figura 43. Experiment de levitació magnètica. Applet: [34]

A continuació es presenten les animacions relacionades amb les propietats semiconductores.

Algunes permeten calcular la resistivitat de diversos semiconductors extrínsecs, variant el tipus i concentració d'impureses [35]; altres mostren la variació de la resistivitat i la conductivitat d'aquests materials amb la temperatura [36] (Figura 44).



44.a.



44.b.

Figura 44. Resistivitat de diversos semiconductors (a) i sobre la influència de la temperatura (b). Applets: [35,36]

Finalment es presenten els applets relacionats amb la piroelectricitat i la ferroelectricitat. El primer d'ells compara les propietats d'aquests dos tipus de materials, tant per sota de la temperatura crítica com per sobre d'ella [37] (Figura 45); mentre que el segon permet

visualitzar una de les principals aplicacions dels materials piroelèctrics: els detectors d'infraroig [38] (Figura 46).

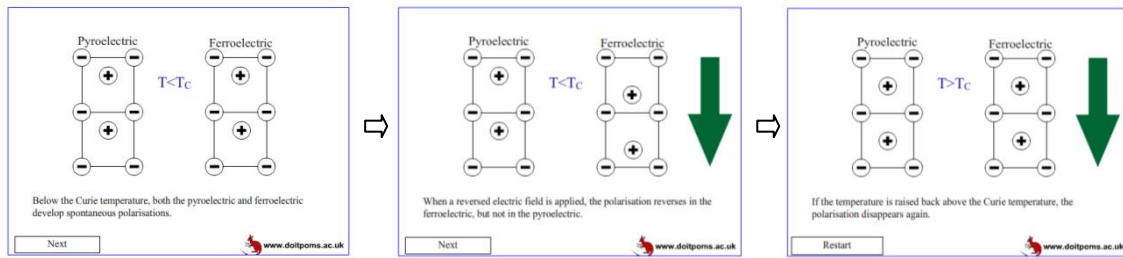


Figura 45. Materials piroelèctrics i ferroelèctrics. Applet: [37]

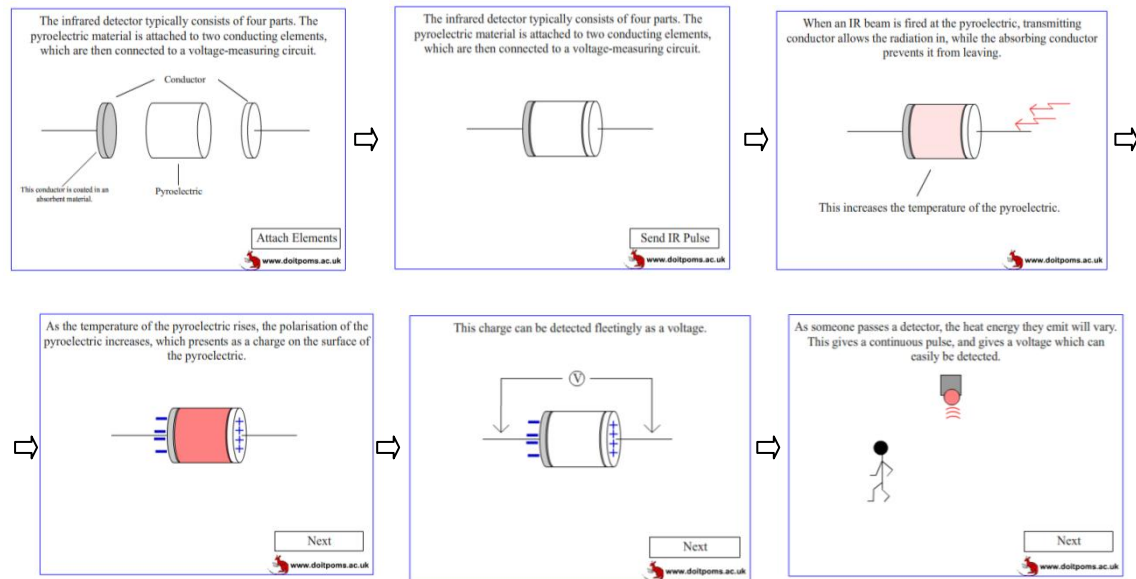


Figura 46. Ús de materials piroelèctrics en detectors d'infraroig. Applet: [38]

4.1.3. Propietats magnètiques

En aquest apartat es presentaran animacions sobre el comportament magnètic de certs materials.

La primera d'elles permet veure com va variant la magnetització d'un material ferromagnètic al aplicar un camp magnètic en una direcció concreta [39] (Figura 47).

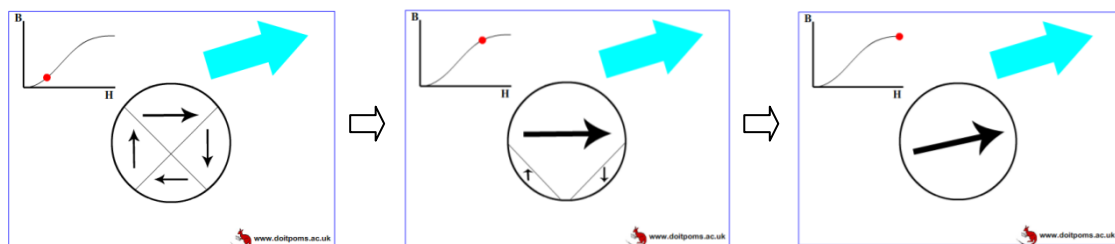


Figura 47. Variació de la magnetització d'un material ferromagnètic en aplicar un camp magnètic. Applet: [39]

Altres mostren com varia la magnetització d'un material ferromagnètic quan aquest es sotmet a un camp magnètic altern, donant lloc al cicle d'histeresi [40,41] (Figures 48,49).

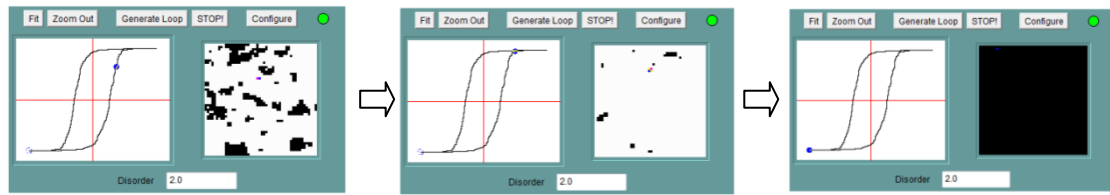


Figura 48. *Cicle d'histeresi. Applet: [40]*

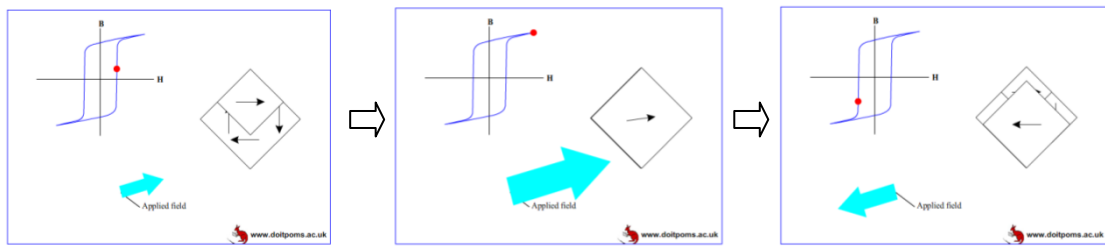
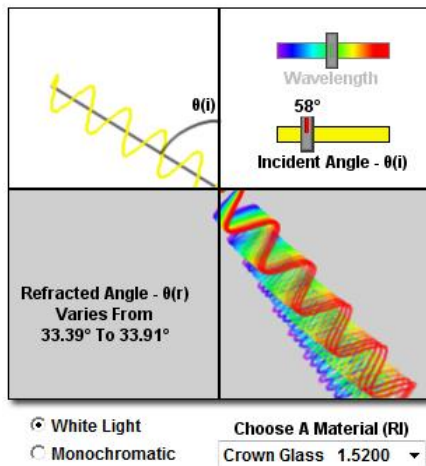


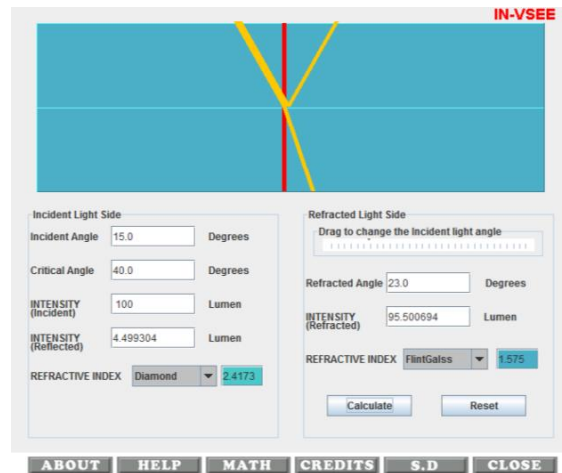
Figura 49. *Cicle d'histeresi. Applet: [41]*

4.1.4. Propietats òptiques

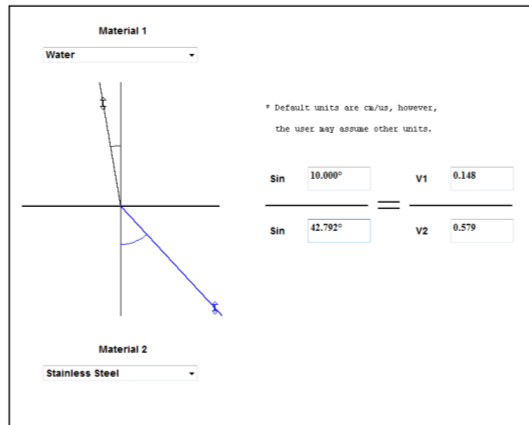
En primer lloc, es presenten una sèrie d'animacions que aporten diferents visions sobre la refracció i reflexió de la llum quan aquesta travessa una intercara que separa dos materials diferents [42-46] (Figura 50).



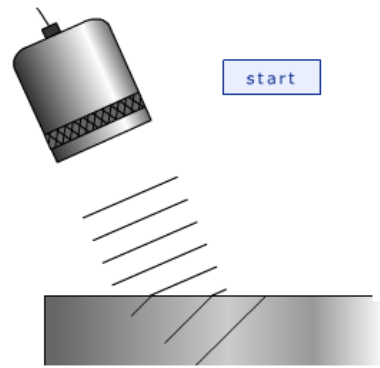
50.a.



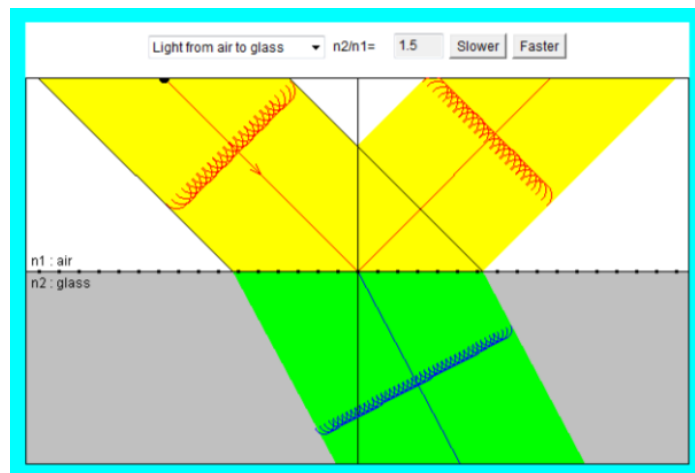
50.b.



50.c.



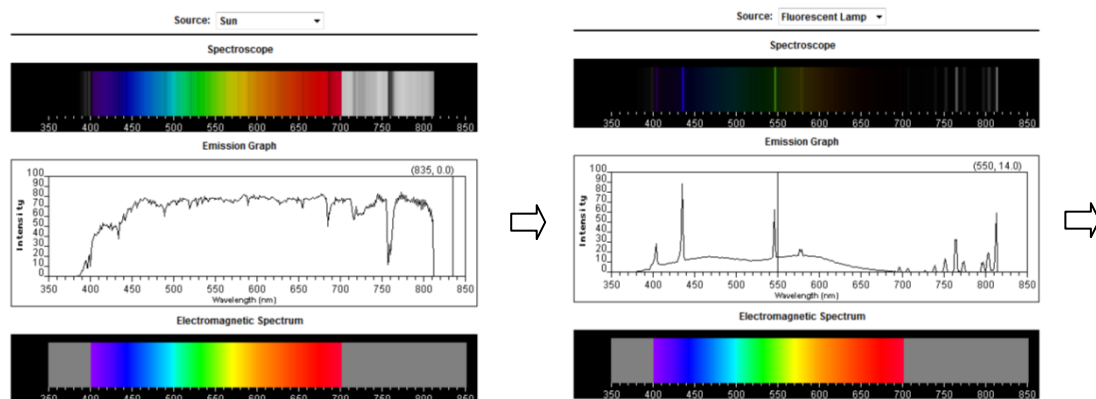
50.d.



50.e.

Figura 50. Refracció i reflexió de la llum en diferents materials. Applets: [42,43,44,45,46]

D'altra banda, també es poden visualitzar els espectres d'emissió de diverses fonts de llum existents i simular espectres d'emissió addicionals [47] (Figura 51).



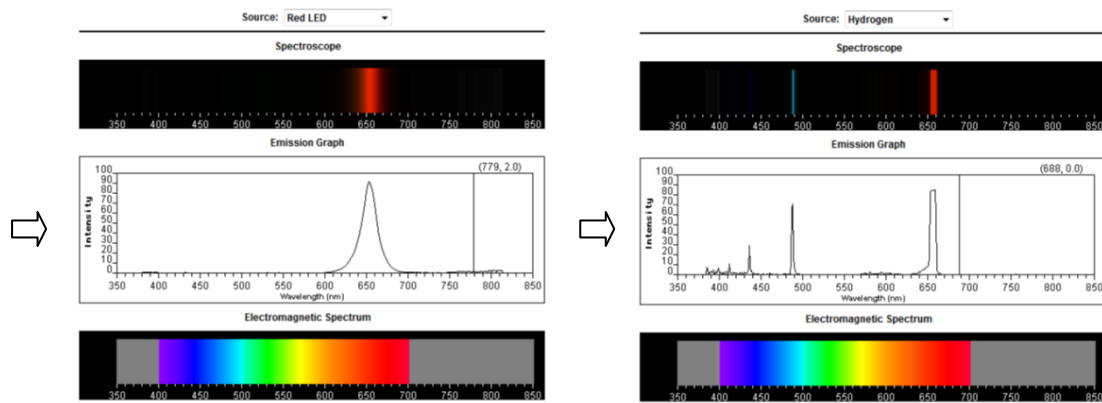


Figura 51. Espectres d'emissió de diverses fonts de llum. Applet: [47]

4.1.5. Propietats tèrmiques

Existeixen diverses animacions relacionades amb les propietats tèrmiques dels materials.

La primera d'elles tracta sobre la conducció del calor a través d'una barra metàl·lica, els extrems de la qual estan connectats a dos focus de calor de diferents temperatures; l'animació permet que l'usuari triï el material de la barra, per trobar aquell que tingui la conductivitat tèrmica que millor compleixi les condicions requerides [48] (Figura 52).

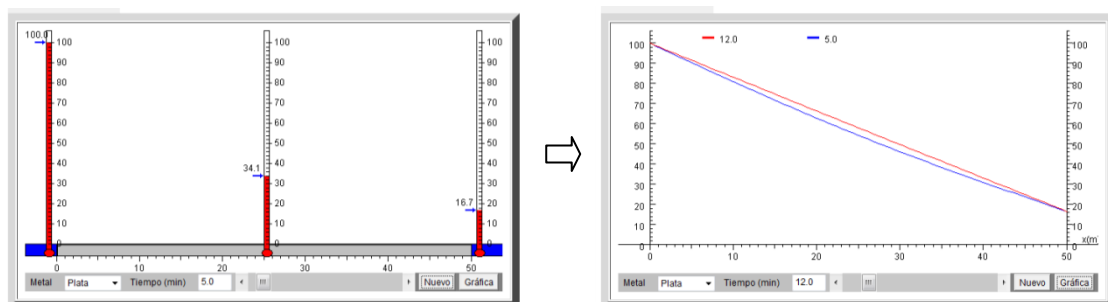


Figura 52. Conducció del calor a través de diferents materials. Applet: [48]

Amb l'applet següent es pot calcular, a través d'un experiment virtual, el calor específic d'una sèrie de substàncies [49] (Figura 53).

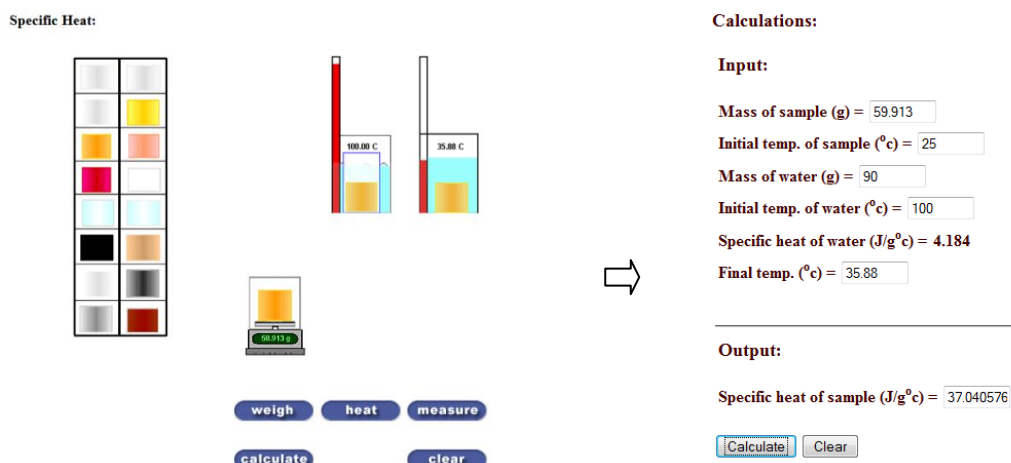


Figura 53. Calor específic. Applet: [49]

Finalment, també es disposa d'animacions relacionades amb les dilatacions i contraccions degudes a gradients de temperatura [50] (Figura 54).

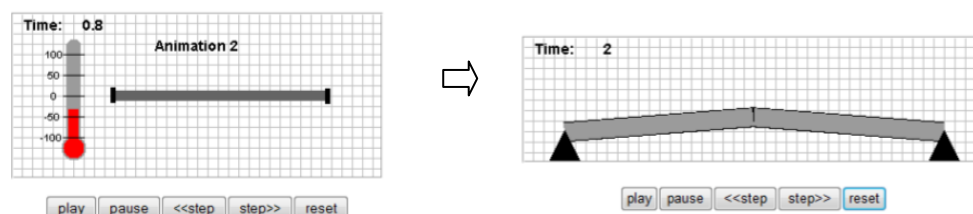


Figura 54. Dilatacions tèrmiques. Applet: [50]

4.1.6. Comportament químic i mediambiental

En aquest apartat s'exposen diversos applets relacionats amb la corrosió i el reciclatge de metalls.

Pel que fa al fenomen de la corrosió, es disposa d'una animació que permet visualitzar el funcionament bàsic d'una pila Daniell [51], que és un element clau per tal d'entendre el caràcter electroquímic de la corrosió (Figura 55); amb certes animacions es poden construir diagrames de Pourbaix [52-55], per tal de conèixer la termodinàmica de la corrosió (Figures 56-59); mentre que altres faciliten la comprensió dels aspectes cinètics d'aquest fenomen [56,57] (Figures 60,61).

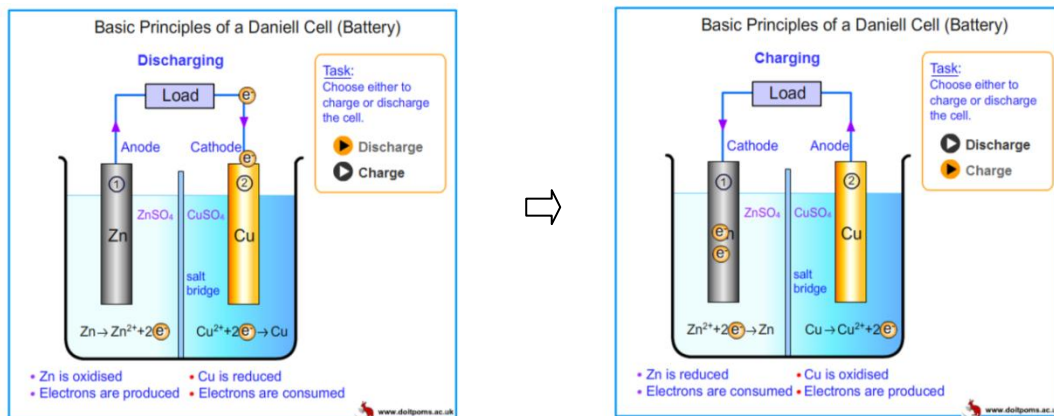


Figura 55. Pila Daniell. Applet: [51]

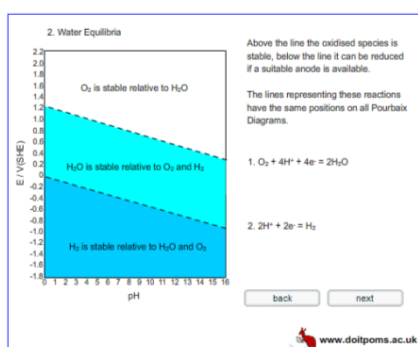


Figura 56. Diagrames de Pourbaix. Applet: [52]

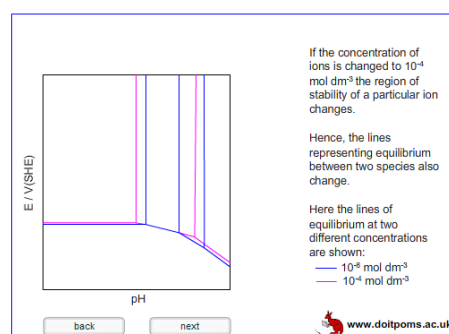


Figura 57. Diagrames de Pourbaix. Applet: [53]

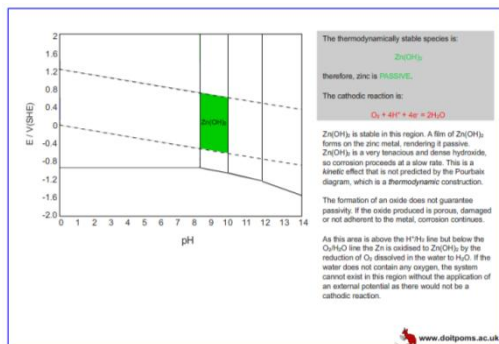


Figura 58. Diagrames de Pourbaix. Applet: [54]

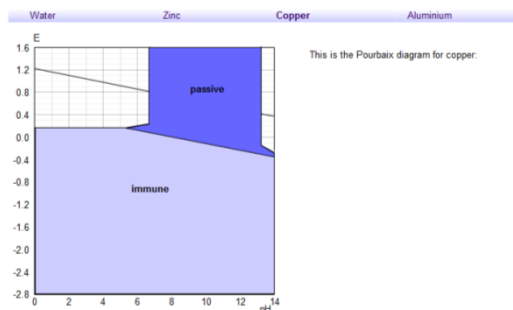


Figura 59. Diagrames de Pourbaix. Applet: [55]

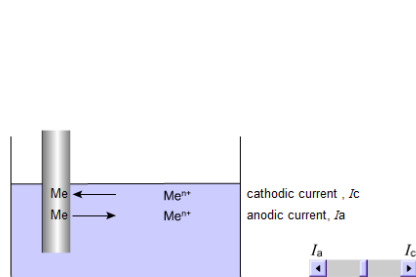


Figura 60. Cinètica de la corrosió. Applet: [56]

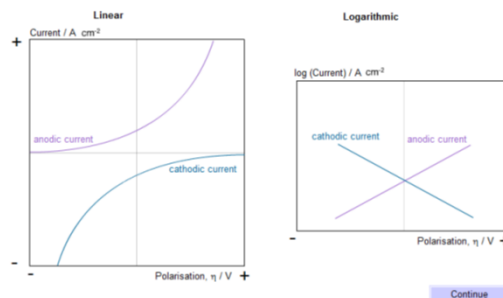


Figura 61. Cinètica de la corrosió. Applet: [57]

També es disposa d'applets que expliquen alguns dels tipus de corrosió que pot patir l'alumini: corrosió galvànica [58] (Figura 62); filiforme [59] (Figura 63); intergranular [60,61] (Figures 64,65) i corrosió per picada [62] (Figura 66).

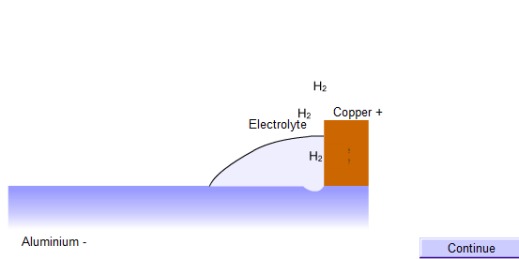


Figura 62. Corrosió galvànica. Applet: [58]

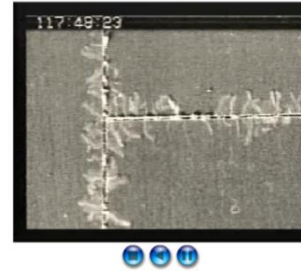


Figura 63. Corrosió filiforme. Applet: [59]

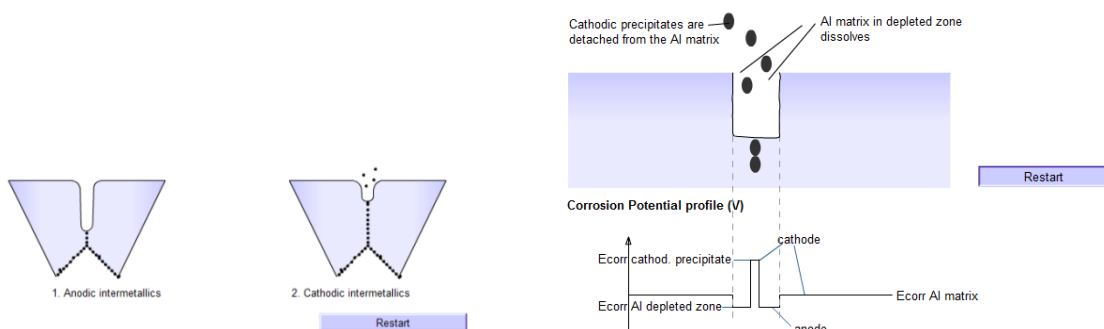


Figura 64. Corrosió intergranular. Applet: [60]

Figura 65. Corrosió intergranular. Applet: [61]

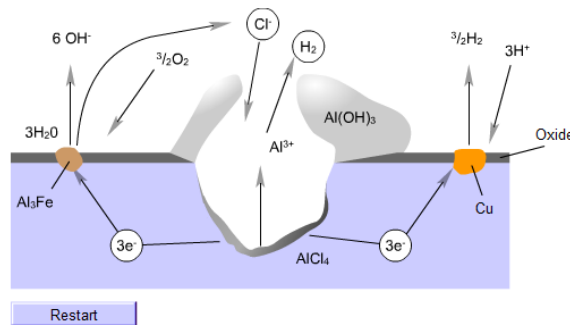


Figura 66. Corrosió per picada. Applet: [62]

D'altra banda, existeixen també animacions referides a la protecció contra la corrosió. La primera d'elles [63] (Figura 67) permet entendre la diferència entre un recobrint que només serveix de barrera contra la corrosió (*barrier coating*) o un recobrint de sacrifici (*sacrificial coating*). La segona permet simular el procés de galvanització en calent per tal de protegir els acers de la corrosió [64]; en aquest cas es pot regular l'espessor del recobrint variant els paràmetres d'entrada (Figura 68).

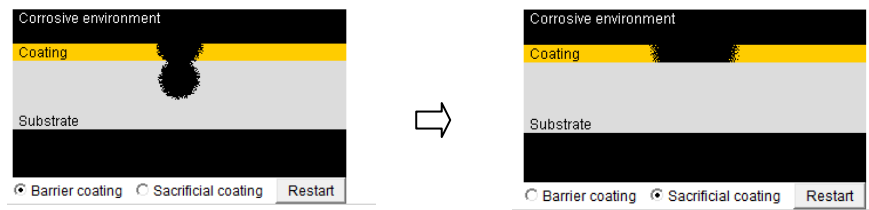


Figura 67. Recobriments per protegir de la corrosió. Applet: [63]

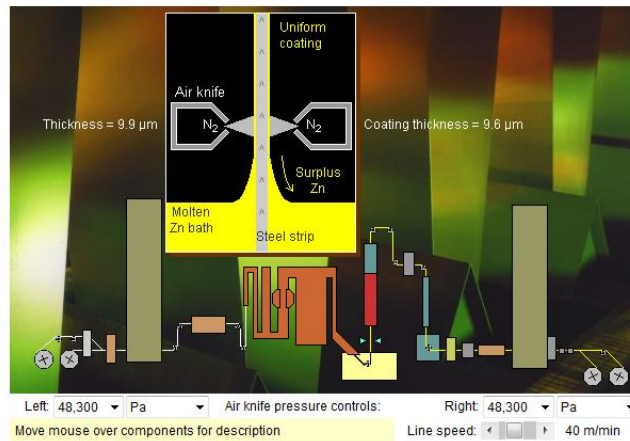


Figura 68. Galvanització en calent. Applet: [64]

Finalment, també hi ha animacions relacionades amb el reciclatge dels metalls. Un exemple n'és l'applet [65], que permet simular el procés de separació de materials mitjançant corrents d'Eddy (Figura 69).

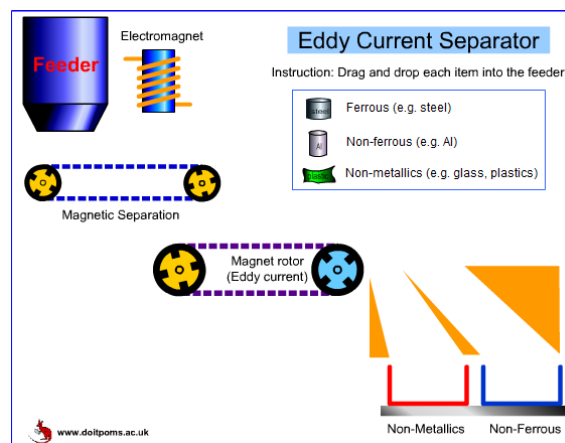


Figura 69. Reciclatge de metalls: separació de materials mitjançant corrents d'Eddy. Applet: [65]

4.2. Applets per l'estudi de diversos tipus de materials

En aquest apartat s'inclouen animacions rellevants per oferir una visió general dels principals tipus de materials. La classificació es podria fer de moltes maneres, en aquest cas s'ha optat per dividir el conjunt en quatre grups: materials metàl·lics, ceràmics, polimèrics i compostos.

4.2.1. Materials metàl·lics

Gran part de les propietats dels materials metàl·lics estan condicionades pels mecanismes d'enduriment que participen en cada cas: precipitació, deformació, solució sòlida o mida de gra.

Pel que fa a l'enduriment per precipitació, cal diferenciar tres etapes: solubilització, tremp (refredament ràpid) per formar una solució sòlida sobresaturada i envelliment. L'efecte dels precipitats en les propietats mecàniques del material pot visualitzar-se mitjançant l'applet [66] (Figura 70).

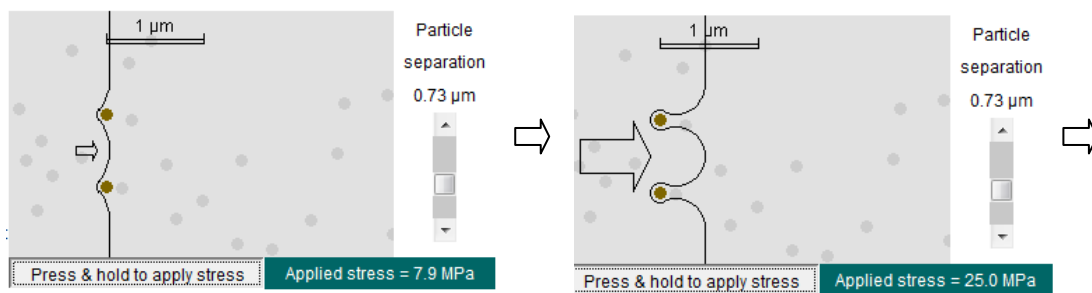


Figura 70. Efecte dels precipitats en les propietats mecàniques. Applet: [66]

La simulació [67] permet trobar el programa de temperatura adequat per un procés d'enduriment per precipitació concret (Figura 71).

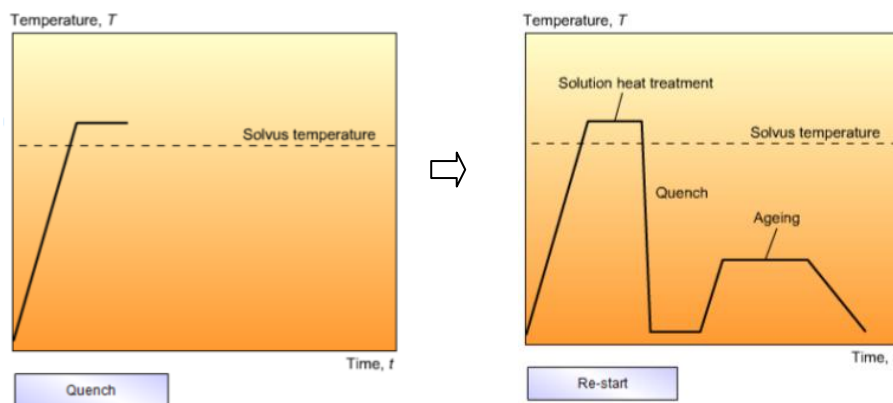
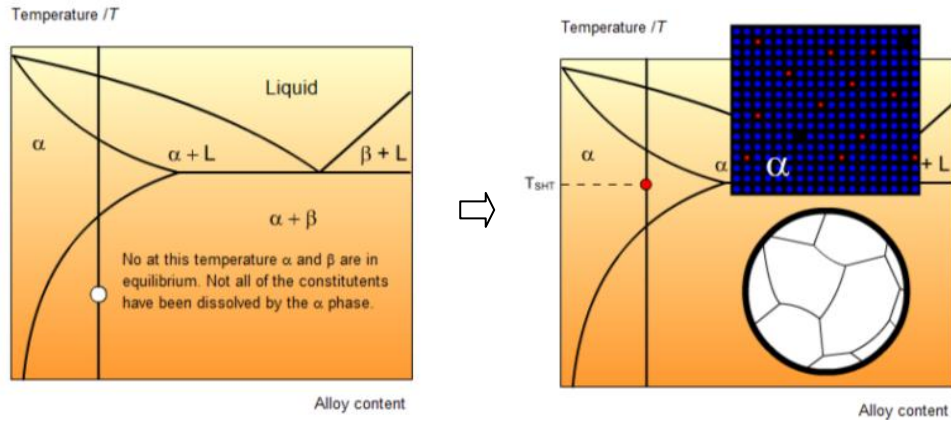


Figura 71. Programa de temperatura en l'enduriment per precipitació. Applet: [67]

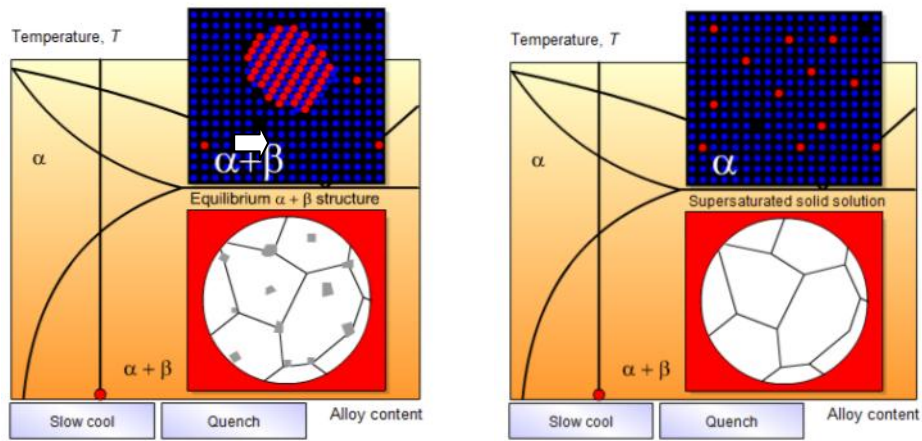
Les animacions [68-70] permeten modificar els paràmetres que intervenen en la solubilització, el tremp i l'envelliment, respectivament (Figures 72,73).



72.a.

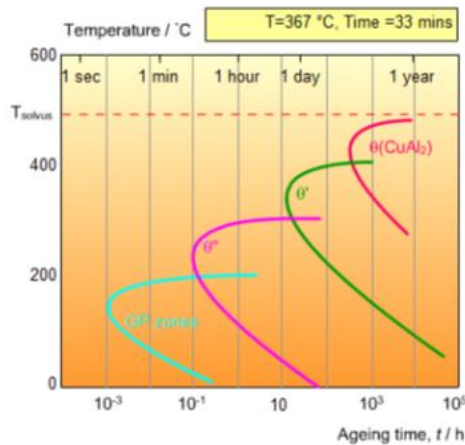
72.b.

Figura 72. Enduriment per precipitació. (a) Solubilització a temperatura incorrecta. (b) Solubilització a temperatura correcta. Applet: [68]



73.a.

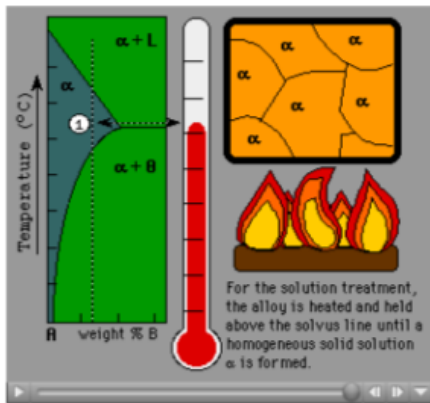
73.b.



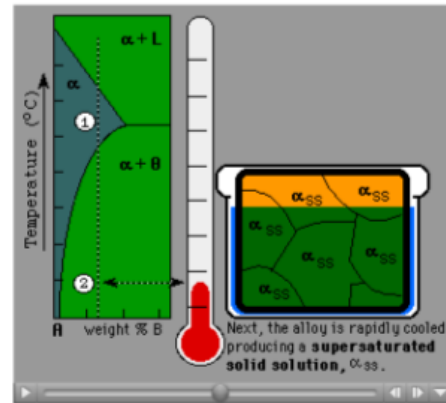
73.c.

Figura 73. Enduriment per precipitació. (a) Refredament lent (incorrecte). (b) Refredament ràpid (correcte). (c) Envelliment. Applets: [69, 70]

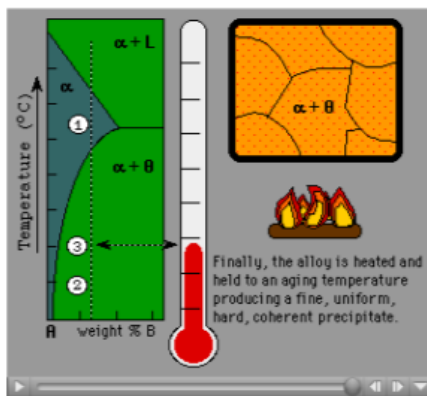
Aquests conceptes també es poden completar amb les simulacions [71-74]; referides, respectivament, als tractaments de solubilització, tremp, envelliment i a la determinació del límit elàstic del material segons la temperatura i el temps d'envelliment (Figura 74).



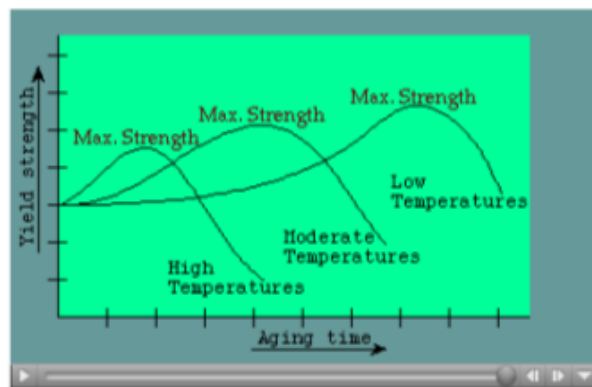
74.a.



74.b.



74.c.



74.d.

Figura 74. Tractaments de solubilització (a), tremp (b), envelliment (c) i a la dependència del límit elàstic amb el temps i la temperatura d'envelliment (d). Applets: [71,72,73,74]

Pel que fa a l'enduriment per deformació, es disposa d'applets que mostren com varia la densitat de dislocacions segons la deformació plàstica produïda [75,76]; i també altres que ajuden a comprendre la interacció entre dislocacions [77] (Figures 75-77).

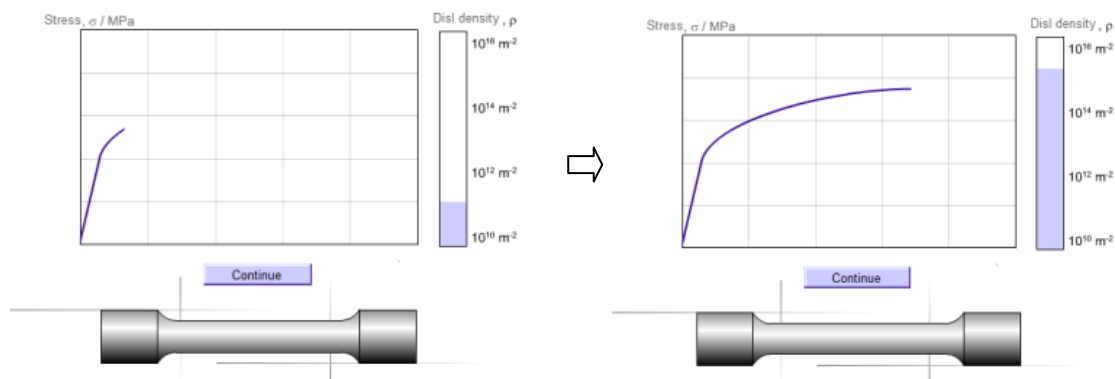


Figura 75. Densitat de dislocacions segons la deformació plàstica. Applet: [75]

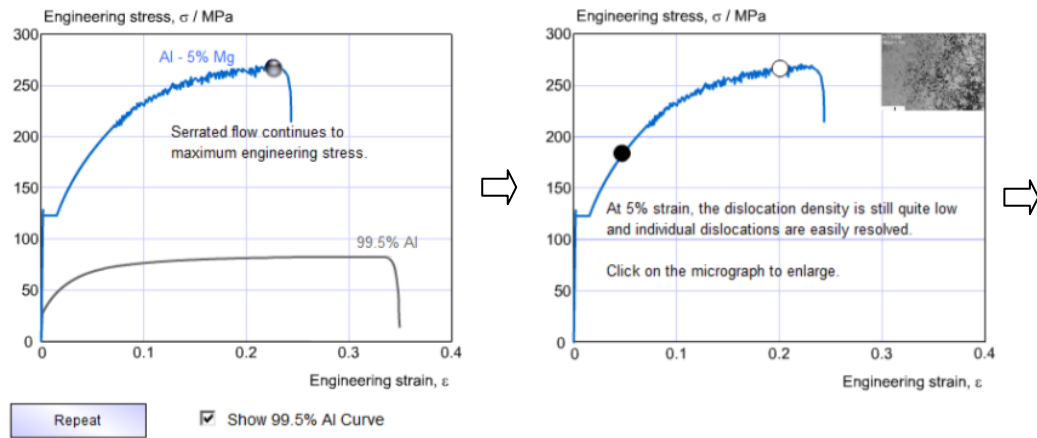


Figura 76. Densitat de dislocacions segons l'enduriment per deformació. Applet: [76]

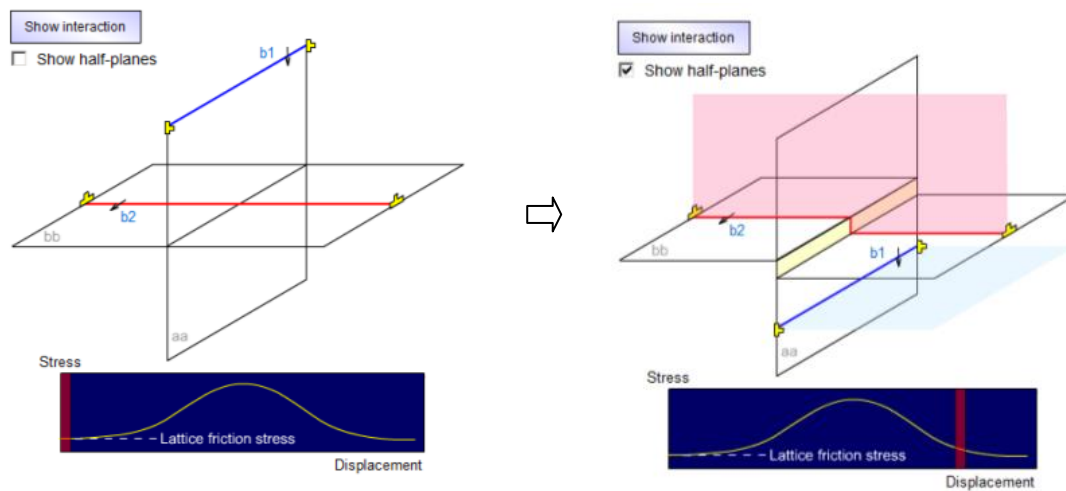
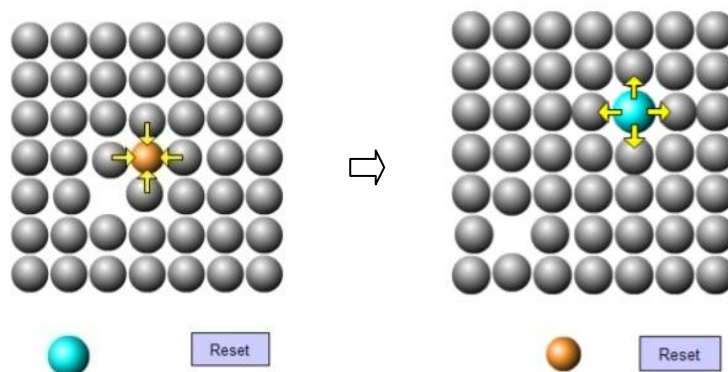
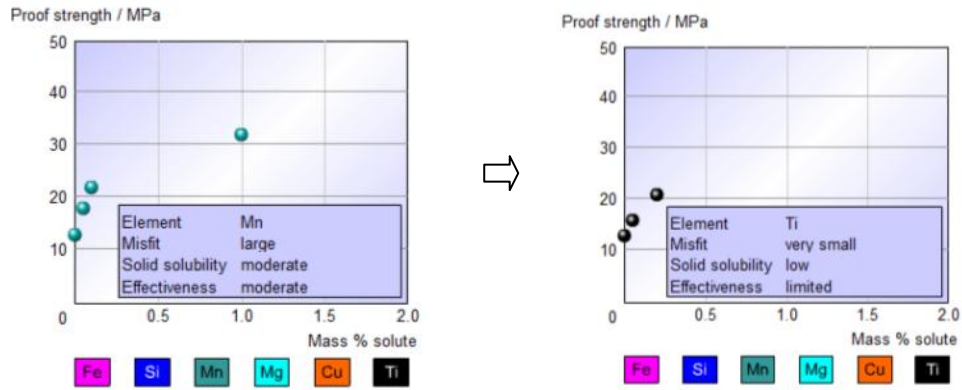


Figura 77. Interacció entre dislocacions. Applet: [77]

Un mecanisme d'enduriment també molt freqüent en els materials metàl·lics és l'enduriment per solució sòlida, ja que és el mecanisme en el qual es basa part de l'increment de resistència dels aliatges metàl·lics respecte al metall pur. Les animacions [78,79] permeten entendre la deformació a la xarxa cristal·lina produïda per un defecte substitucional, i la variació de les propietats en afegir diversos elements aleants a l'alumini, respectivament (Figura 78).



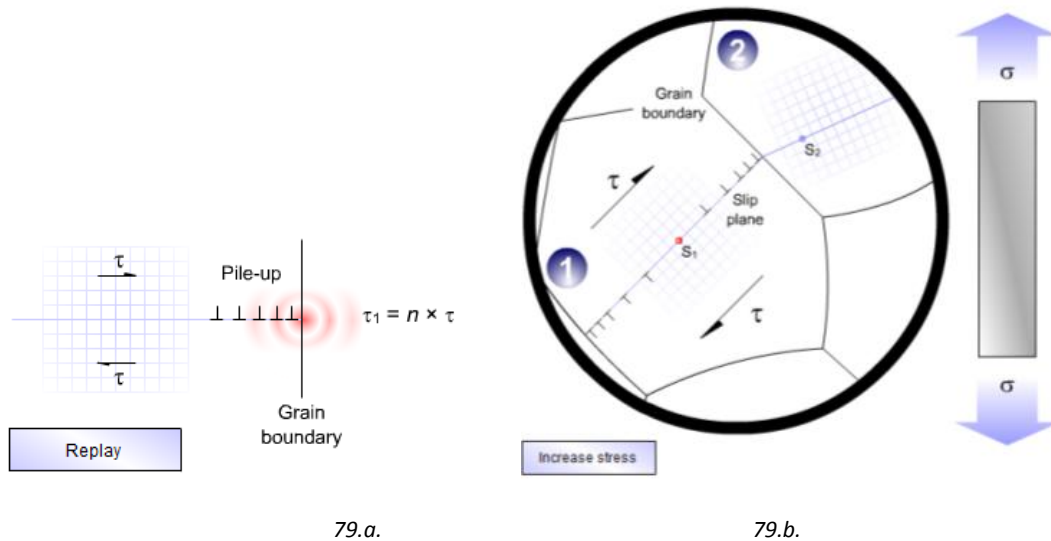
78.a.



78.b.

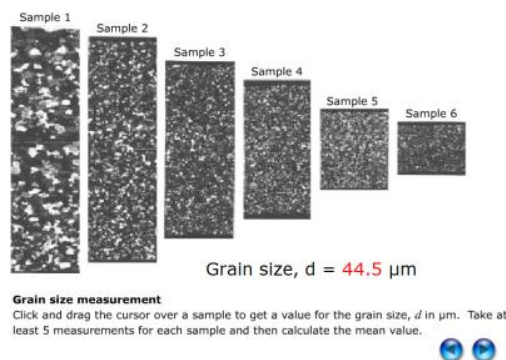
Figura 78. Deformació a la xarxa cristal·lina (a) i l'efecte d'alejar l'alumini (b). Applets: [78,79]

També es disposa d'applets relacionats amb l'enduriment per mida de gra. Alguns d'ells es refereixen a l'impediment al moviment que troben les dislocacions en els límits de gra [80], [81]; altres permeten determinar la mida de gra de diverses mostres [82] (Figura 79).



79.a.

79.b.



79.c.

Figura 79. Enduriment per deformació: impediment al moviment de dislocacions (a) i (b); determinació de la mida de gra (c). Applets: [80,81,82]

A continuació es presenten una sèrie d'applets que permeten complementar un tema també fonamental en camp dels materials metàl·lics: l'obtenció i les propietats dels acers.

La referència [83] conté una animació referida a l'obtenció de diversos tipus d'acers (Figura 80).

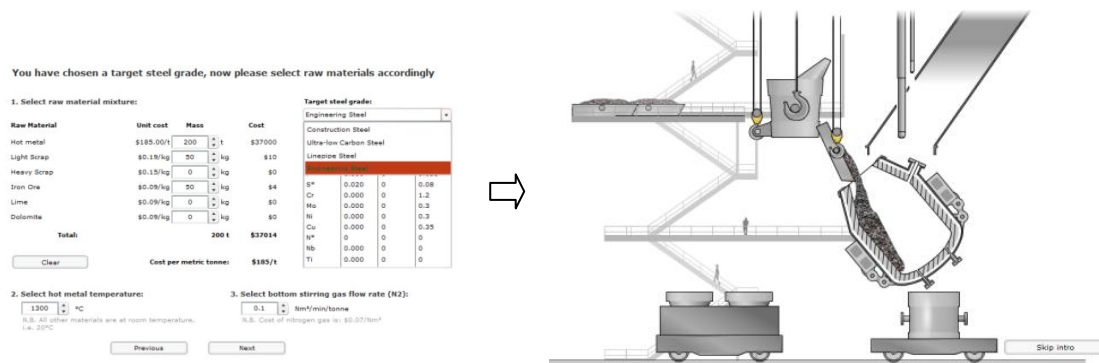
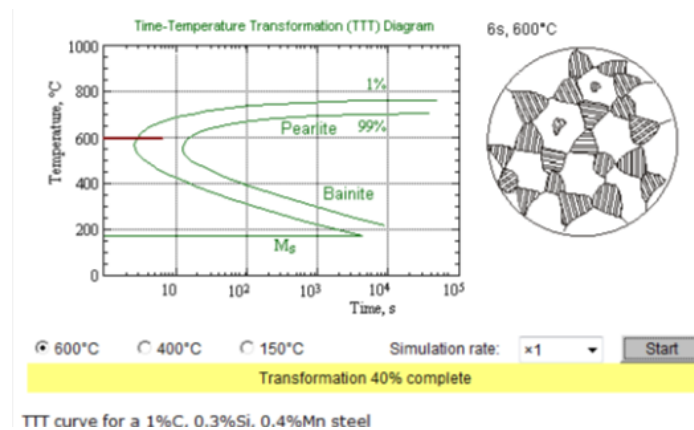
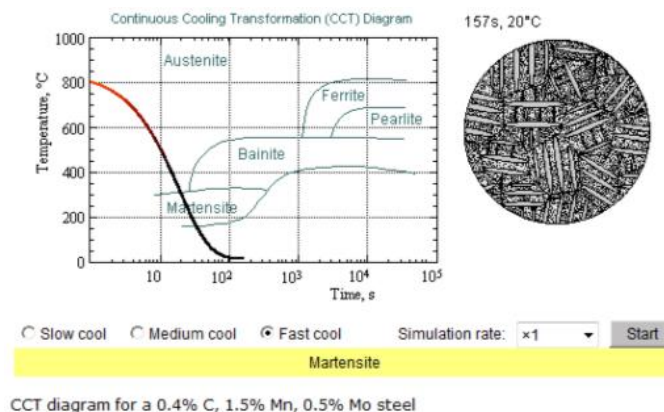


Figura 80. Obtenció d'acers. Applet: [83]

Les corbes TTT i CCT poden visualitzar-se a les fonts [84,85]. En aquestes animacions, l'usuari pot variar paràmetres com la temperatura d'inici i la velocitat de refredament, per comprovar l'efecte que provoquen en la microestructura de l'acer (Figures 81,82).



81.a.



81.b.

Figura 81. Corbes TTT (a) i CCT (b). Applet: [84]

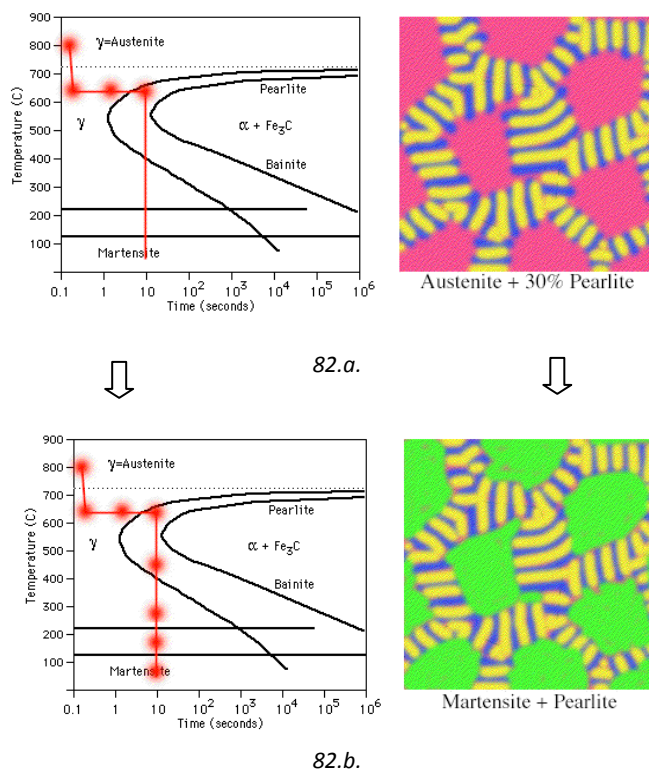


Figura 82. Corbes TTT. Applet: [85]

Altres applets permeten entendre com funciona l'assaig Jominy [86,87] (Figures 83,84) o dissenyar un acer d'alta resistència [88] (Figura 85).

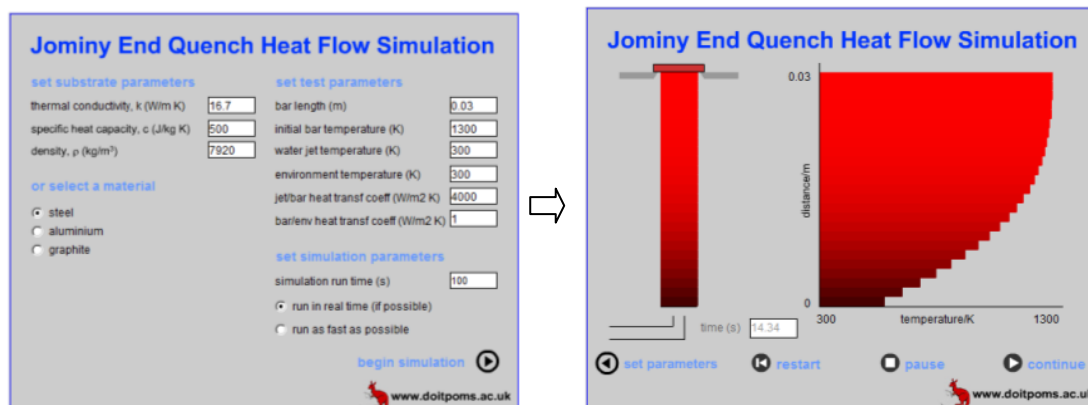


Figura 83. Assaig Jominy. Applet: [86]

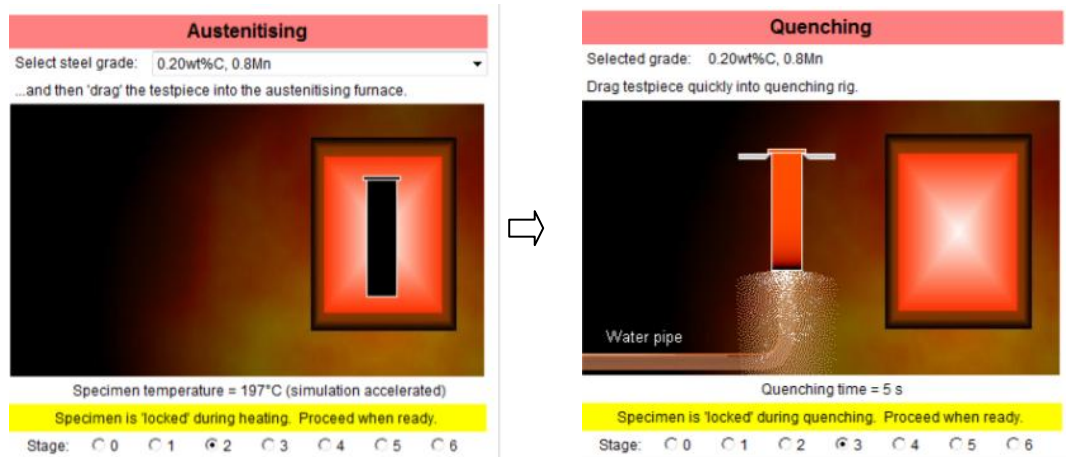


Figura 84. Assaig Jominy. Applet: [87]

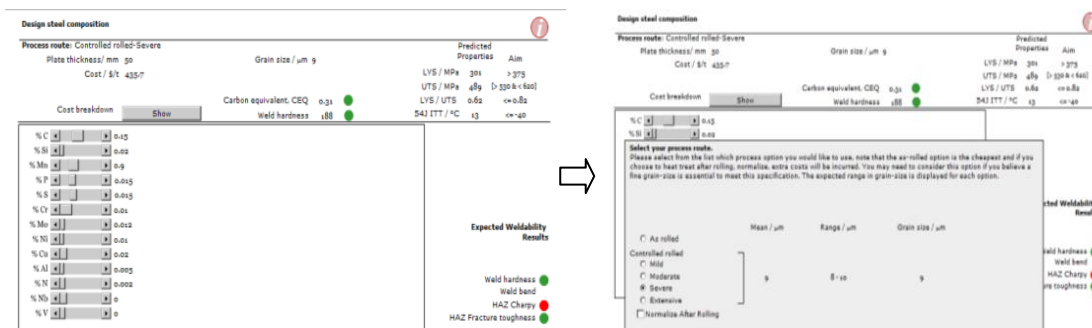


Figura 85. Disseny d'un acer d'alta resistència. Applet: [88]

4.2.2. Materials ceràmics

Primer de tot, es presentaran les animacions relacionades amb recobriments ceràmics i vidres.

La referència [89] conté un applet que permet determinar els precursors necessaris per obtenir un recobriments ceràmic concret (Figura 86).



Figura 86. Obtenció de recobriments ceràmics. Applet: [89]

Pel que fa als vidres, es disposa d'applets que faciliten el coneixement de les propietats mecàniques, òptiques i tèrmiques a partir de la seva formulació [90]; i viceversa [91] (Figura 87).

87.a.

87.b.

Figura 87. Determinació de les propietats a partir de la composició del vidre (a) i viceversa (b). Applet: [90,91]

D'altra banda, moltes ceràmiques s'utilitzen per la seva funcionalitat (piezoelectricitat, piroelectricitat, superconducció, etc.); els applets relacionats amb aquest tema no s'exposen en aquest apartat, ja que s'han detallat anteriorment².

4.2.3. Materials polimèrics

Les propietats d'alguns polímers es poden deduir mitjançant l'applet [92], a partir dels grups funcionals que contenen els monòmers (Figura 88).

² Veure apartat 4.1.2. Propietats elèctriques i electròniques

The applet consists of three main parts: input, calculation, and results.

Input Screen 1 (Left):

-CH ₂ -	0	-CH ₂ (H ₂)-	0	-O-(C=O)-g	0
-CH(CH ₃)-	0	1,4-Ph	0	-O-(C=O)-A	0
-CH(C ₆ H ₅)-	0	1,3-Ph	0	-O-(C=O)-O-	0
-CH(C ₆ H ₁₁)-	0	1,2-Ph	0	-(C=O)O(C=O)-	0
-CH(C ₆ H ₅)-	0	4-Benzyl	0	-O-CH ₂ -O-	0
-C(CH ₃)(CH ₃)-	0	-CH ₂ -Ph-CH ₂ -	0	-NH-	0
-C(CH ₃)(C ₆ H ₅)-	0	-Ph-CH ₂ -Ph-	0	-(C=O)-NH-	0
-CH(OH)-	0	-Ph-Ph-	0	-O-(C=O)-NH-	0
-CH(COOH)-	0	-Ph-COO-	0	-NH-(C=O)-NH-	0
-CH(HC=O)-	0	-O-	0	-Ph-(C=O)-NH-	0
-CH(CN)-	0	-(C=O)-	0	-S-	0

Input Screen 2 (Right):

-CH ₂ -	8	-CH(NH ₂)-	0	-O-(C=O)-g	1
-CH(CH ₃)-	2	1,4-Ph	3	-O-(C=O)-A	0
-CH(C ₆ H ₅)-	0	1,3-Ph	0	-O-(C=O)-O-	0
-CH(C ₆ H ₁₁)-	5	1,2-Ph	0	-(C=O)O(C=O)-	0
-CH(C ₆ H ₅)-	0	4-Benzyl	0	-O-CH ₂ -O-	0
-C(CH ₃)(CH ₃)-	0	-CH ₂ -Ph-CH ₂ -	0	-NH-	0
-C(CH ₃)(C ₆ H ₅)-	2	-Ph-CH ₂ -Ph-	2	-(C=O)-NH-	2
-CH(OH)-	0	-Ph-Ph-	0	-O-(C=O)-NH-	3
-CH(COOH)-	0	-Ph-COO-	3	-NH-(C=O)-NH-	0
-CH(HC=O)-	0	-O-	0	-Ph-(C=O)-NH-	0
-CH(CN)-	0	-(C=O)-	0	-S-	0

Results Screen (Bottom):

Property	Crystalline	Amorphous	Main Chain
Volume	1508.0	1541.4	1050.9
Density	1.3829	1.3530	0.5174
Cohesive Energy Density	317.76	310.87	1.3593
Solubility Parameter	17.035	16.666	-0.1121
Surface Tension	41.279	37.814	217.24
Refraction Index	1.6270	1.6134	319.13
Dielectric Constant	2.4925	2.4446	

Figura 88. Propietats i estructura dels polímers. Applet: [92]

Les principals tècniques d'obtenció i conformat de polímers també es poden visualitzar mitjançant animacions, però aquestes s'exposaran properament³.

4.2.4. Materials compostos

A més dels applets explicats anteriorment⁴, es disposa d'altres recursos dedicats també als materials compostos.

Alguns d'ells permeten analitzar les tensions i distorsions existents en un material compost pel fet d'apilar una sèrie de capes amb diferents orientacions [93] (Figura 89).

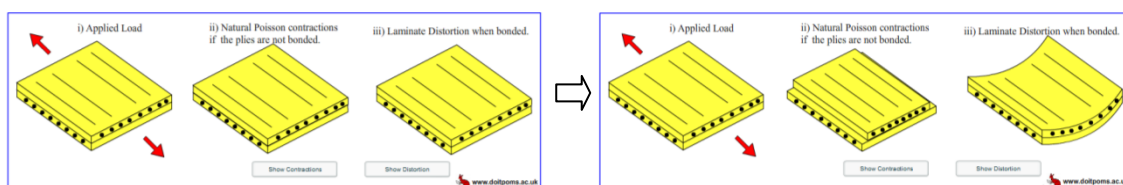


Figura 89. Tensions i distorsions en un material compost format per capes amb diferents orientacions. Applet: [93]

Altres ajuden a comprendre els possibles modes de ruptura d'un material laminat (axial, transversal i cisalla), segons diferents criteris [94] (Figura 90).

³ Veure subcapítol 4.4. Applets per l'estudi de tècniques d'obtenció i processat de materials

⁴ Veure capítol 3. Funcionament i ús d'applets en l'ensenyament

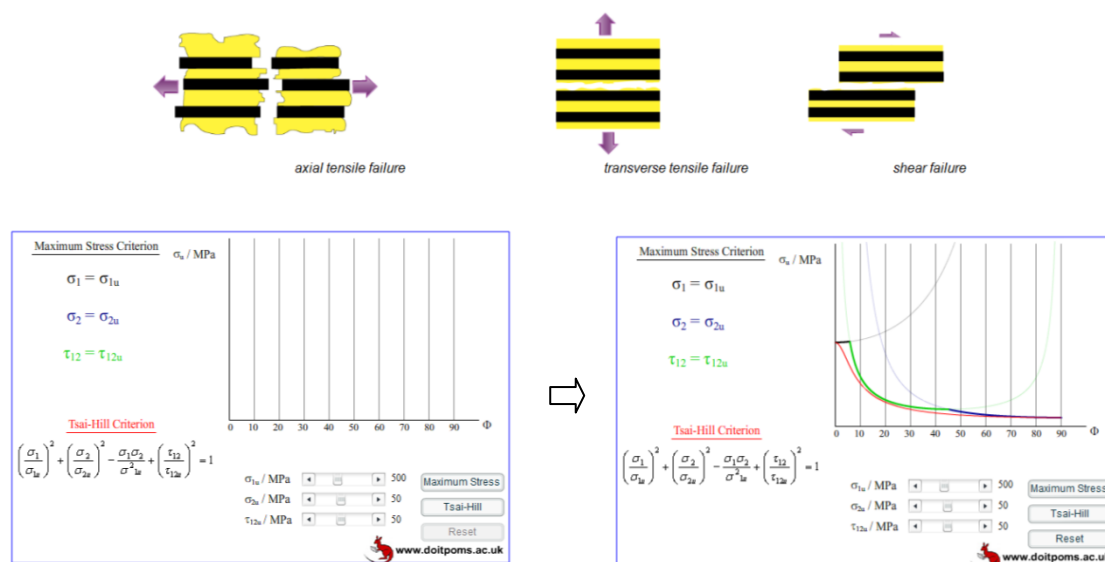


Figura 90. Criteris de fallada en un material laminat. Applet: [94]

Aquests conceptes es poden complementar amb el següent applet [95], referit també a propietats mecàniques de materials composts (Figura 91).

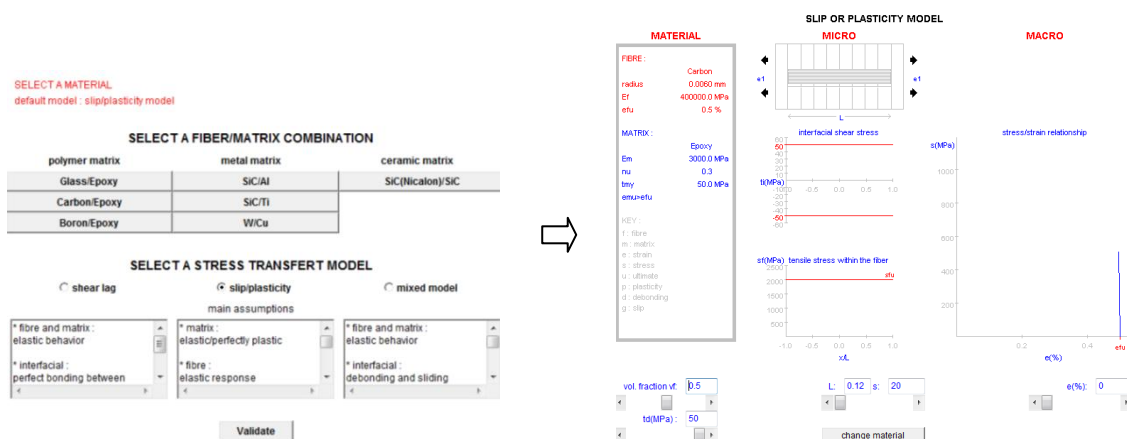


Figura 91. Propietats mecàniques d'un material compost. Applet: [95]

4.3. Applets per l'estudi de la microestructura dels materials

En aquest apartat s'inclouen animacions referides la microestructura dels materials, tant pel que fa a l'estudi de la cristal·lografia, com els anàlisis mitjançant microscòpia electrònica i difracció de raigs X.

4.3.1. Cristal·lografia

Certes animacions ajuden a comprendre d'una manera més gràfica els tipus d'empaquetament dels materials cristal·lins: cúbic simple [96] (Figura 92); cúbic centrat en el cos -BCC- [97] (Figura 93); cúbic centrat en les cares (cúbic compacte) -FCC- [98] (Figura 94); o hexagonal compacte -HCP- [99] (Figura 95).

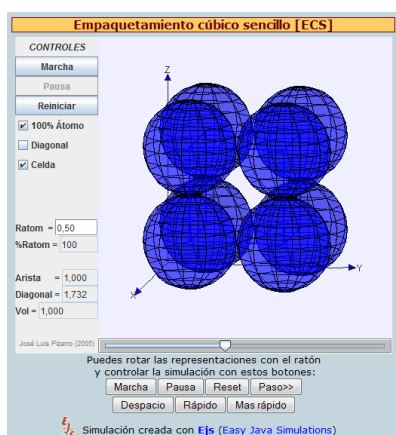


Figura 92. Cel·la cúbica simple. Applet: [96]

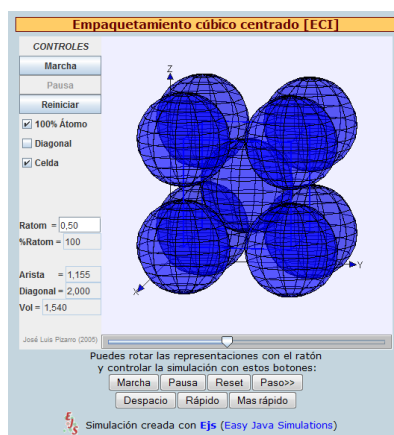


Figura 93. Cel·la BCC. Applet: [97]

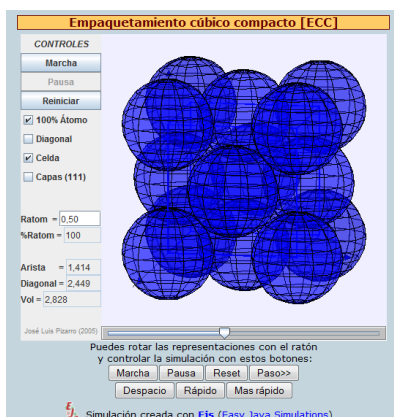


Figura 94. Cel·la FCC. Applet: [98]

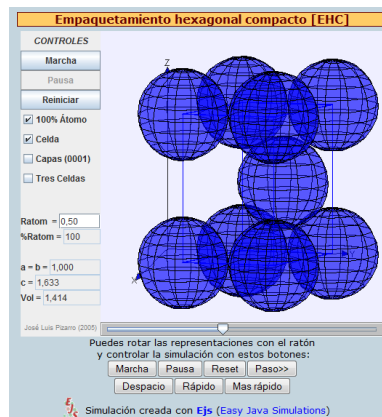


Figura 95. Cel·la HCP. Applet: [99]

Altres animacions permeten visualitzar els plans (h k l) que l'usuari desitgi, tant en cel·les cúbiques [100,101] (Figures 96,97) com en cel·les hexagonals [102] (Figura 98). També es disposa d'applets que faciliten el procés contrari [103], és a dir, la indexació dels plans que triï l'usuari (Figura 99).

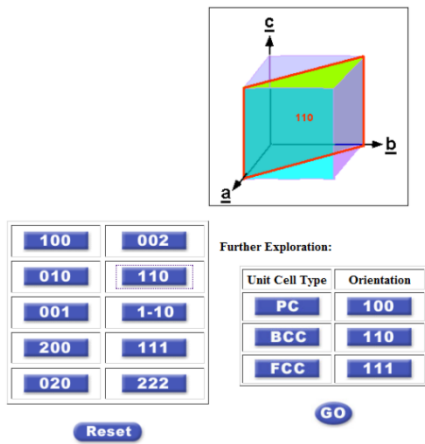


Figura 96. Plans a la cel·la cúbica. Applet: [100]

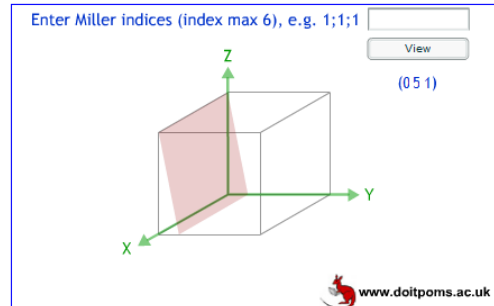


Figura 97. Plans a la cel·la cúbica. Applet: [101]

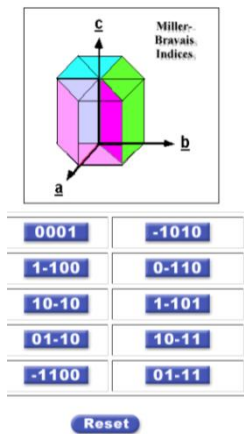


Figura 98. Plans a la cel·la hexagonal. Applet: [102]

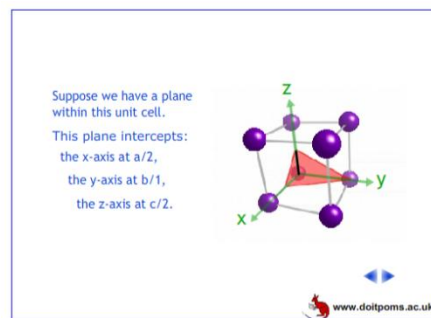


Figura 99. Indexació de plans. Applet: [103]

4.3.2. Microscòpia electrònica

Certes animacions permeten conèixer les parts que constitueixen un microscopi electrònic de transmissió -TEM-. La primera d'elles mostra l'estructura d'aquest instrument [104] (Figura 100), mentre que les següents expliquen el funcionament de la font d'electrons [105] (Figura 101) i el mecanisme de focalització d'aquests [106] (Figura 102), respectivament.

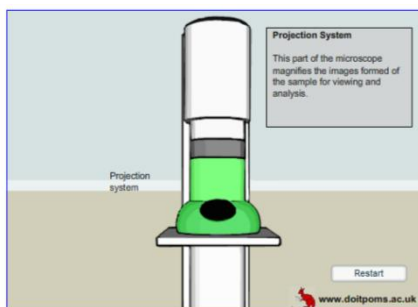


Figura 100. Parts del TEM. Applet: [104]

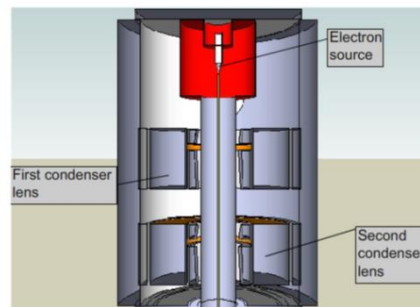


Figura 101. Font d'electrons del TEM. Applet: [105]

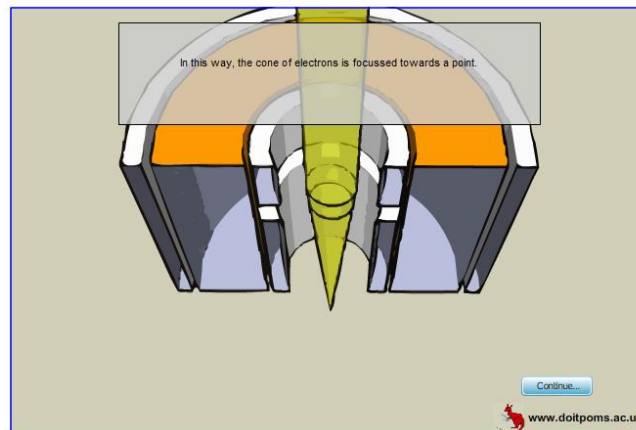


Figura 102. TEM: focalització d'electrons. Applet: [106]

Un altre applet simula el procés d'observació d'una mostra al TEM, obtenint la relació entre electrons incidents, transmesos i retrodispersats [107] (Figura 103).

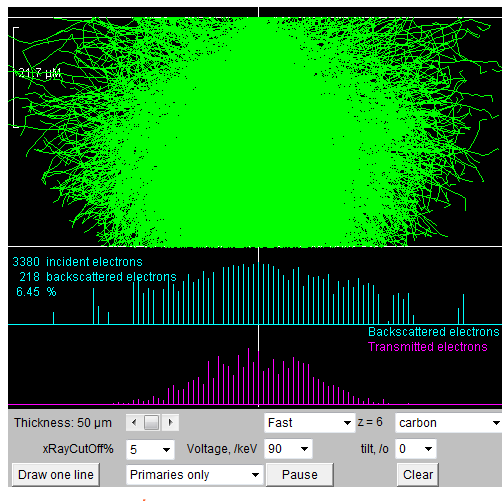


Figura 103. TEM: electrons transmesos. Applet: [107]

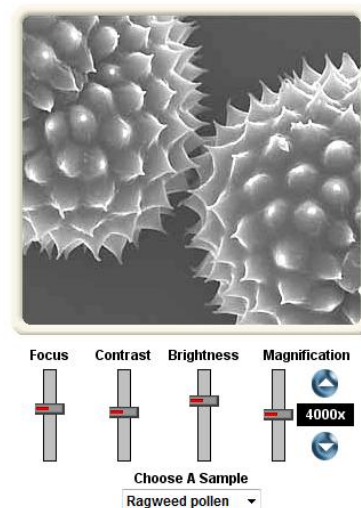


Figura 104. SEM. Applet: [108]

També es disposa d'una animació relacionada amb un altre tipus de microscopi electrònic: el microscopi electrònic de rastreig -SEM-. Amb la simulació [108] és possible enfocar i regular el contrast, la brillantor i la magnificació d'una imatge obtinguda per SEM (Figura 104).

4.3.3. Difracció de raigs X

L'applet [109] ajuda a comprendre el significat de la llei de Bragg, en la qual es fonamenta la difracció de raigs X (Figura 105).

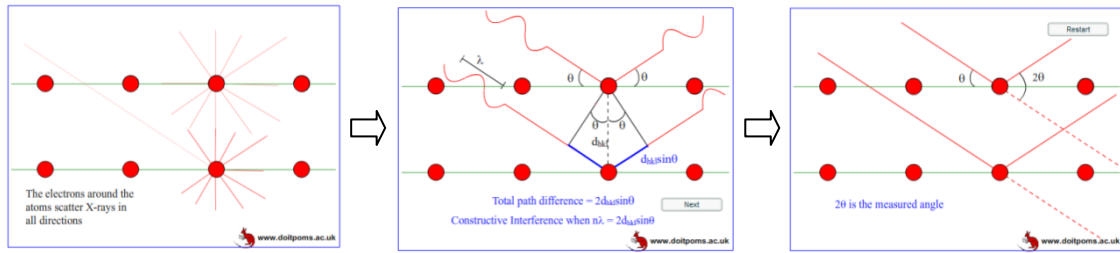


Figura 105. Llei de Bragg. Applet: [109]

L'animació [110] permet que l'usuari seleccioni els pics que ell cregui que apareixeran en els espectres de difracció de cada estructura cristal·lina, tenint en compte el factor d'estructura, fins trobar la resposta correcta (Figura 106).

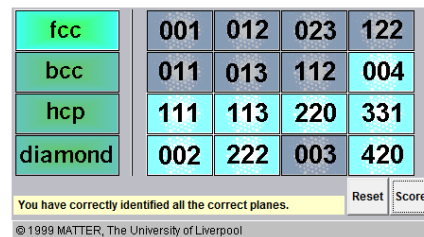
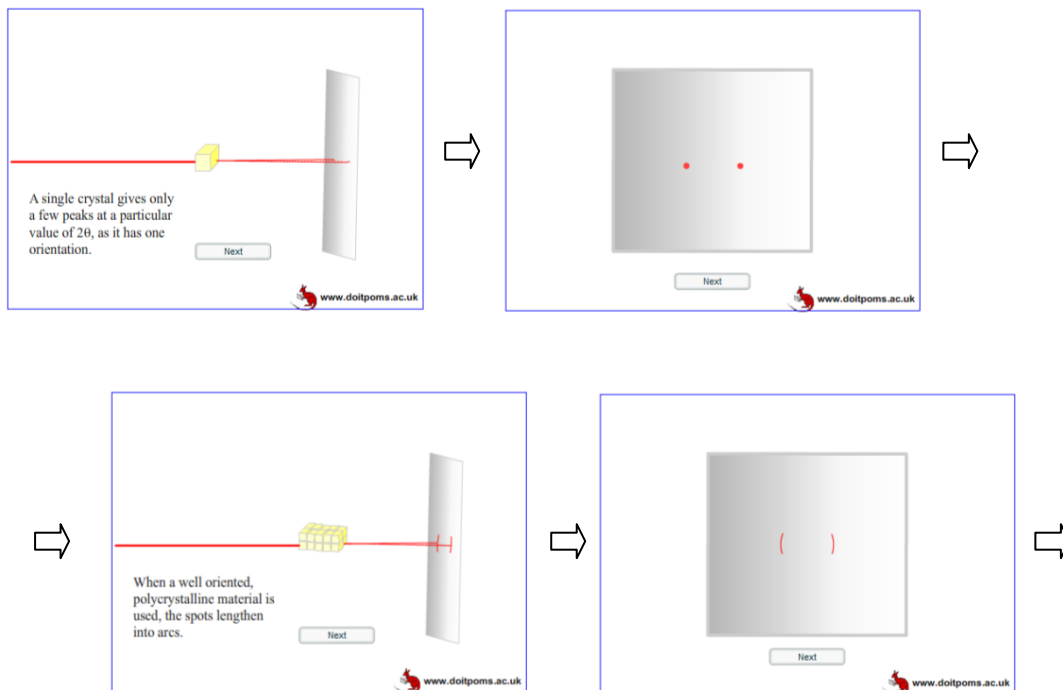


Figura 106. Factor d'estructura. Applet: [110]

D'altra banda, també es poden simular els espectres d'un monocristall, una mostra policristal·lina sense orientacions preferencials, i una mostra texturada [111] (Figura 107).



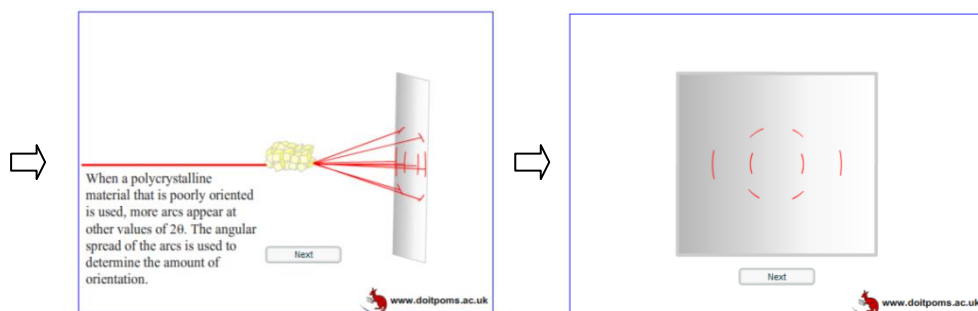


Figura 107. Difracció de raigs X: orientacions preferencials. Applet: [\[111\]](#)

Finalment, es disposa de dues animacions que simulen els espectres de mostres d'hidroxiapatita [112] (Figura 108) i de zircònia [113] (Figura 109), respectivament; i permeten detectar les impureses que aquestes contenen, a través de la determinació de les fases presents en ambdues mostres.

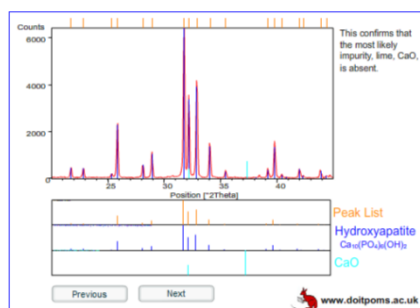


Figura 108. Fases d'una mostra d'hidroxiapatita.
Applet: [\[112\]](#)

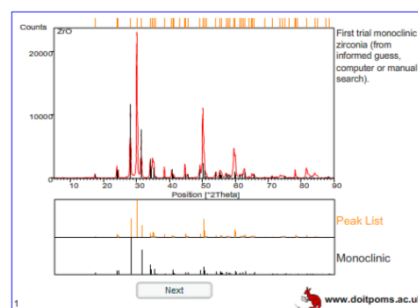


Figura 109. Fases d'una mostra de zircònia.
Applet: [\[113\]](#)

4.4. Applets per l'estudi de tècniques d'obtenció i processat de materials

En aquest apartat s'inclouen animacions referides a les principals tècniques d'obtenció i processat de materials.

Primer de tot es presentaran una sèrie d'applets relacionats amb els diagrames de fases, que són una eina bàsica per la determinació de la composició i les fases presents en equilibri. A continuació s'exposaran animacions relacionades amb algunes tècniques d'obtenció i processat de materials, concretament l'emmotllament i el conformat per deformació plàstica.

4.4.1. Diagrames de fases

Es disposa d'applets que permeten simular diagrames de fases, tant en el cas dels aliatges Sn-Bi [114] (Figura 110), per als aliatges Sn-Pb [115] (Figura 111), com per un aliatge genèric A-B [116] (Figura 112).

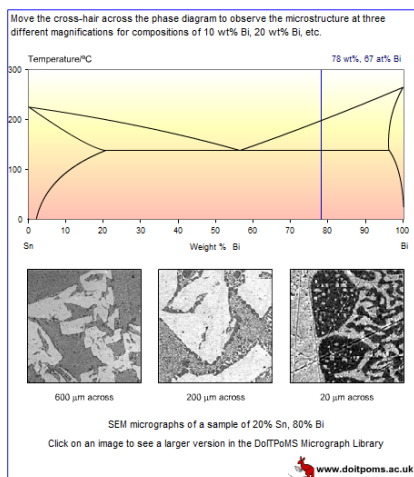


Figura 110. Diagrama de fases Sn-Bi. Applet: [114]

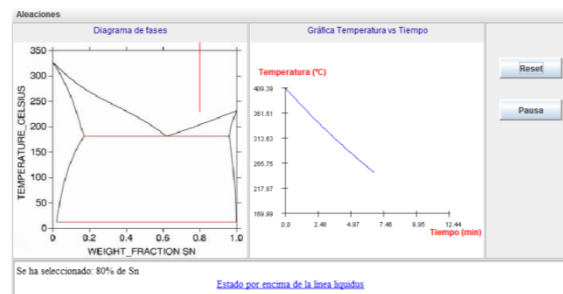


Figura 111. Diagrama de fases Sn-Pb. Applet: [115]

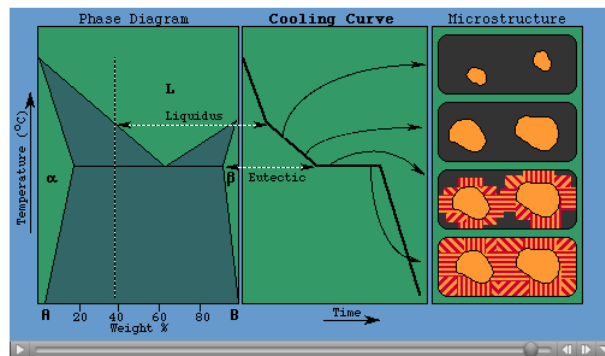


Figura 112. Diagrama de fases d'un aliatge genèric A-B. Applet: [116]

4.4.2. Solidificació i emmotllament

Molts polímers, metalls i aliatges es processen per emmotllament a partir de la fase líquida.

Cal tenir en compte que el fet d'entendre la manera com aquests solidifiquen és essencial per controlar les propietats del sòlid format.

En el cas d'un aliatge, per tal de predir quantitativament les composicions del sòlid i el líquid durant la solidificació, pot utilitzar-se l'equació de Scheil, si es considera que no hi ha difusió en la fase sòlida i que la concentració del líquid és uniforme. El perfil de concentracions es pot simular amb l'animació [117] (Figura 113).

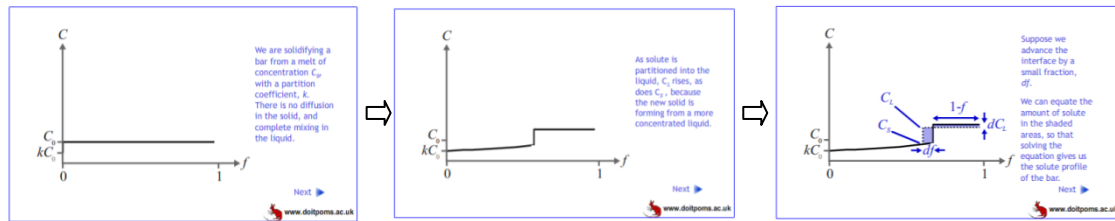


Figura 113. Perfil de concentracions durant la solidificació, segons l'equació de Scheil. Applet: [117]

L'applet [118] permet simular una situació diferent: el cas en que no hi ha difusió en la fase sòlida, però que la difusió en el líquid està limitada. En aquest applet es pot diferenciar entre un estat transitori inicial, un estat estacionari i un transitori final (Figura 114). L'animació [119], en canvi, simula només l'estat estacionari (Figura 115).

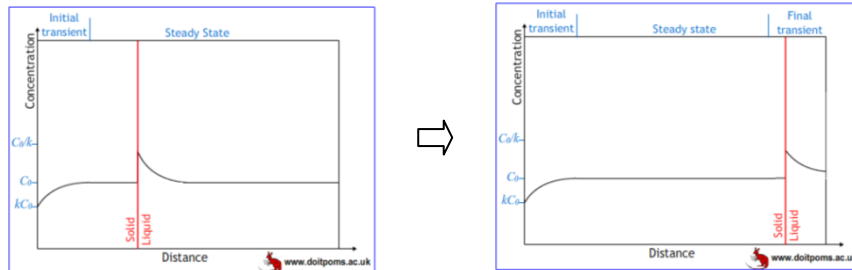


Figura 114. Perfil de concentracions durant la solidificació, si la difusió en el líquid està limitada. Applet: [118]

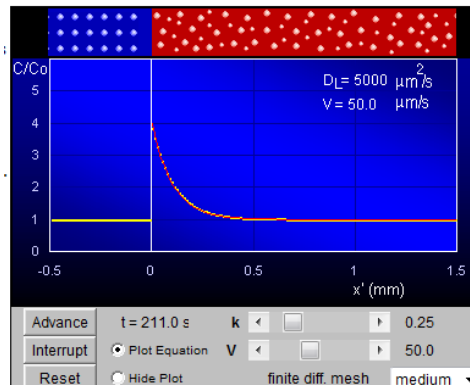


Figura 115. Perfil de concentracions, si la difusió en el líquid està limitada. Estat estacionari. Applet: [119]

D'altra banda, l'applet [120] mostra com es va formant la microestructura d'un sòlid obtingut per emmotllament (Figura 116). Amb l'animació [121] també es pot veure com avança el front de solidificació (Figura 117).

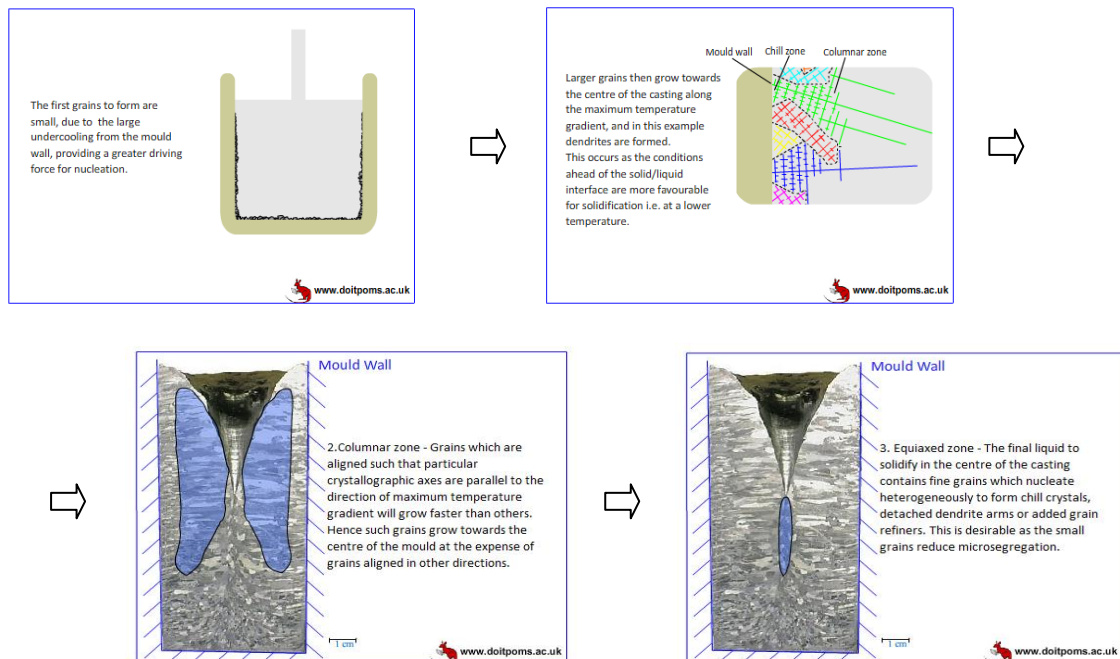


Figura 116. Microestructura obtinguda per emmotllament des de fase líquida. Applet: [120]

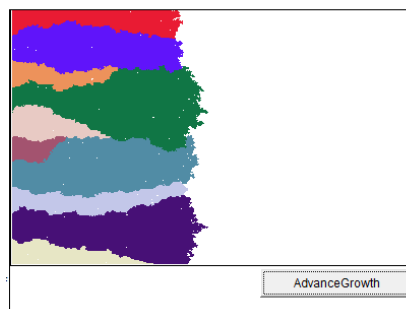


Figura 117. Front de solidificació. Applet: [121]

Altres applets permeten conèixer el procés que es duu a terme per obtenir una peça per emmotllament en sorra [122] (Figura 118), emmotllament en motlle permanent [123] (Figura 119) o emmotllament en continu [124] (Figura 120).

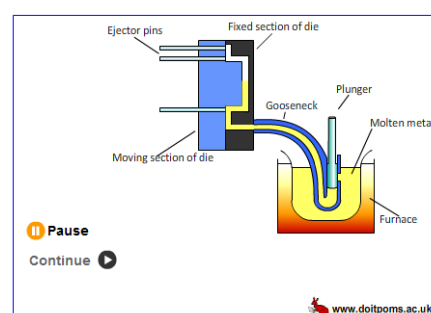
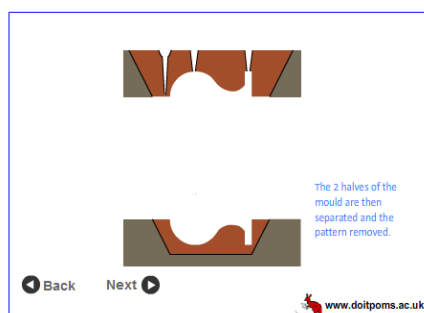


Figura 118. Emmotllament en sorra. Applet: [122] Figura 119. Emmotllament en motlle permanent. Applet: [123]

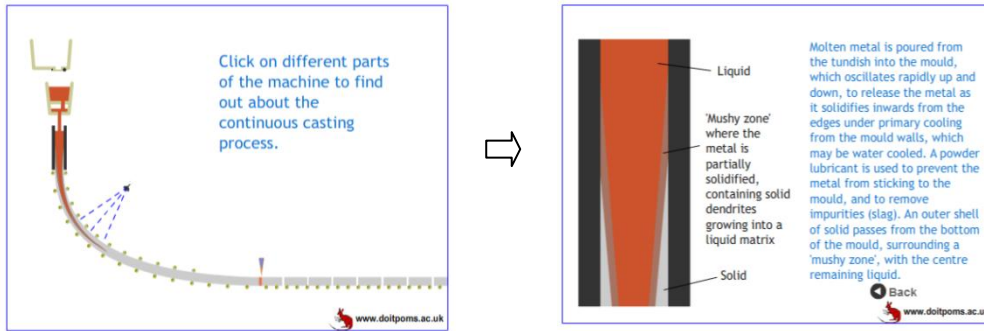


Figura 120. Emmotllament en continu. Applet: [124]

4.4.3. Conformació per deformació plàstica

Es disposa d'animacions sobre diversos processos de conformació per deformació plàstica.

En primer lloc, els applets [125,126] simulen el processat per laminatge (Figures 121,122); mentre que les animacions [127,128] mostren la microestructura de la peça laminada segons el treball en fred aplicat (Figures 123,124).



Figura 121. Processat per laminatge. Applet: [125]



Figura 122. Processat per laminatge. Applet: [126]

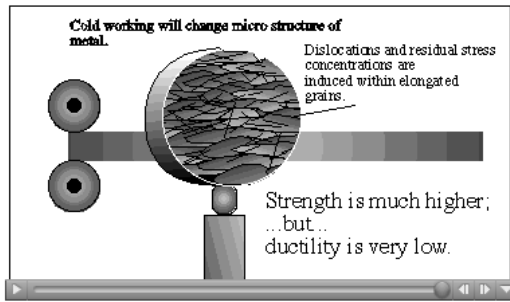


Figura 123. Microestructura en el laminatge.
Applet: [127]

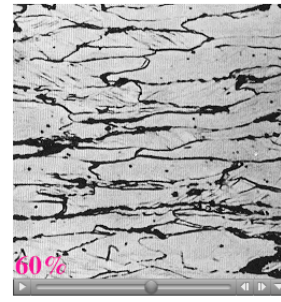


Figura 124. Microestructura en el laminatge.
Applet: [128]

A continuació es presenta l'animació que simula un procés de forja [129] (Figura 125).



Figura 125. Processat per forja. Applet: [129]

Finalment, també es disposa d'un applet que mostra el procés d'extrusió [130] (Figura 126).

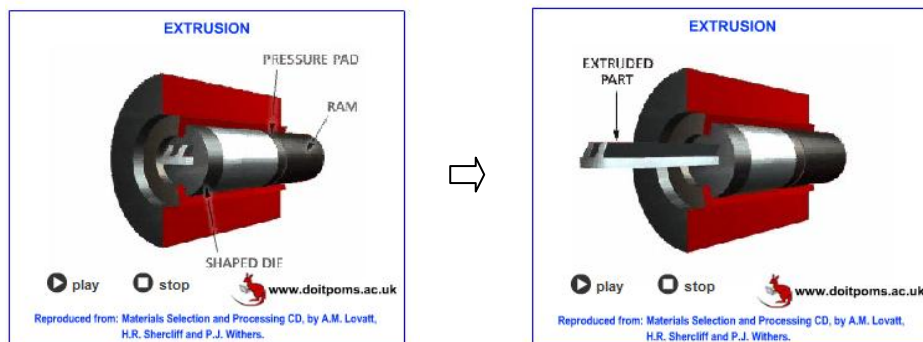


Figura 126. Processat per extrusió. Applet: [130]

4.5. Valoració dels applets segons diversos criteris

Per tal de determinar quins són els millors applets entre els exposats anteriorment, seguidament es durà a terme una valoració de les animacions disponibles, segons diferents punts de vista.

Els aspectes que es tindran en compte, i les respectives ponderacions, seran els següents:

- ❖ Interactivitat (25%)
- ❖ Explicació del funcionament de l'applet, disponible a la web (25%)
- ❖ Fonament teòric, disponible a la web (20%)
- ❖ Possibilitat de variar els paràmetres d'entrada (20%)
- ❖ Facilitat d'ús (10%)

Les puntuacions atorgables als applets, per cada criteri, seran:

- ❖ 0 → L'animació no presenta aquesta característica
- ❖ 0.5 → L'animació presenta aquesta característica però no en el nivell màxim; o no la presenta, però tampoc és necessària
- ❖ 1 → L'animació presenta aquesta característica, de manera completa

Per tant, la puntuació total de cada applet (escala 0-10) es calcularà de la següent manera:

$$PUNTUACIÓ\ TOTAL = \left(\sum_{criteri\ i=1}^N Puntuació\ criteri_i \cdot \frac{Ponderació\ criteri_i(\%)}{100} \right) \cdot 10$$

La valoració dels applets es presenta a continuació:

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[7]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[8]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[9]	1	1	1	1	1	10
[10]	1	1	0	1	1	8.0
[11]	0.5	0.5	0.5	0.5	1	5.5
[12]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[13]	1	1	1	0.5	1	9.0
[14]	0	0.5	1	0	1	4.3
[15]	0	0.5	0	0	1	2.3
[16]	0	0.5	0	0	1	2.3
[17]	1	1	1	0.5	1	9.0

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[18]	1	1	0	0.5	1	7.0
[19]	1	1	0	0.5	1	7.0
[20]	1	1	0	0.5	1	7.0
[21]	1	1	1	0.5	1	9.0
[22]	0.5	0.5	1	0.5	1	6.5
[23]	0.5	0.5	1	0.5	1	6.5
[24]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[25]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[26]	1	1	1	0.5	1	9.0
[27]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[28]	1	0.5	1	0	1	6.8

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[29]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[30]	1	0.5	1	0	1	6.8
[31]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[32]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[33]	1	0.5	1	0.5	1	7.8
[34]	0	0.5	1	0	1	4.3
[35]	1	1	0	1	1	8.0
[36]	0	0.5	0	0	1	2.3
[37]	1	0.5	1	0	1	6.8
[38]	1	0.5	1	0	1	6.8
[39]	0	0.5	1	0	1	4.3
[40]	0.5	0.5	0.5	0.5	1	5.5
[41]	0	0.5	1	0	1	4.3
[42]	1	0.5	1	1	1	8.8
[43]	1	1	0	1	1	8.0
[44]	0.5	0.5	1	0.5	1	6.5
[45]	0	0.5	1	0	1	4.3
[46]	1	1	0.5	1	1	9.0
[47]	1	1	0	1	1	8.0
[48]	1	1	1	1	1	10
[49]	0.5	1	0.5	1	1	7.8
[50]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[51]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[52]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[53]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[54]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[55]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[56]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[57]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[58]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[59]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[60]	0	0.5	1	0	1	4.3
[61]	0	0.5	1	0	1	4.3
[62]	0	0.5	1	0	1	4.3
[63]	0	0.5	0	0.5	1	3.3
[64]	0.5	1	0	0.5	1	5.8
[65]	0.5	1	1	0	1	6.8
[66]	0.5	1	0.5	0	1	5.8
[67]	0	0.5	1	0	1	4.3
[68]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[69]	1	0.5	1	0.5	1	7.8

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[70]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[71]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[72]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[73]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[74]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[75]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[76]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[77]	0	0.5	1	0	1	4.3
[78]	0	0.5	1	0	1	4.3
[79]	0.5	0.5	0.5	0.5	1	5.5
[80]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[81]	1	0.5	0.5	0	1	5.8
[82]	1	1	1	0.5	1	9.0
[83]	1	0.5	0	1	1	6.8
[84]	0.5	0.5	1	0.5	1	6.5
[85]	0	0.5	0	0	1	2.3
[86]	1	0.5	1	1	1	8.8
[87]	1	1	1	1	1	10
[88]	1	0.5	0	1	1	6.8
[89]	0.5	0.5	0	1	1	5.5
[90]	1	0.5	0	1	1	6.8
[91]	1	0.5	0	1	1	6.8
[92]	1	0.5	0	1	1	6.8
[93]	0.5	0.5	0.5	0.5	1	5.5
[94]	0.5	0.5	0.5	1	1	6.5
[95]	0.5	0.5	0	1	1	5.5
[96]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[97]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[98]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[99]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[100]	0.5	0.5	0	1	1	5.5
[101]	1	0.5	0	1	1	6.8
[102]	0.5	0.5	0	1	1	5.5
[103]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[104]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[105]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[106]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[107]	1	0.5	0.5	1	1	7.8
[108]	0.5	0.5	0	1	1	5.5
[109]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[110]	1	1	0.5	0	1	7.0

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[111]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[112]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[113]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[114]	1	1	0.5	0.5	1	8.0
[115]	1	0.5	1	1	1	8.8
[116]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[117]	0.5	0.5	1	0	1	5.5
[118]	0	0.5	1	0	1	4.3
[119]	0.5	0.5	1	1	1	7.5
[120]	0.5	0.5	0.5	0	1	4.5
[121]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[122]	0.5	0.5	0	0	1	3.5

APPLET	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[123]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[124]	0.5	0.5	0	0	1	3.5
[125]	0	0.5	1	0	1	4.3
[126]	1	1	1	0.5	1	9.0
[127]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[128]	0	0.5	0	0	1	2.3
[129]	0	0.5	0.5	0	1	3.3
[130]	0	0.5	0.5	0	1	3.3

Taula 1. Valoració dels applets.

D'aquesta manera, les animacions amb major puntuació són les següents:

APPLET	TEMÀTICA	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[9]	Propietats mecàniques. Fluència	1	1	1	1	1	10
[48]	Propietats tèrmiques. Conductivitat tèrmica	1	1	1	1	1	10
[87]	Materials metàl·lics. Assaig Jominy	1	1	1	1	1	10
[13]	Propietats mecàniques. Mòdul d'elasticitat	1	1	1	0.5	1	9.0
[17]	Propietats mecàniques. Assaig Charpy	1	1	1	0.5	1	9.0
[21]	Propietats mecàniques. Duresa Vickers	1	1	1	0.5	1	9.0
[26]	Propietats elèctriques. Polarització	1	1	1	0.5	1	9.0
[46]	Propietats òptiques. Refracció i reflexió de la llum	1	1	0.5	1	1	9.0
[126]	Conformació per deformació plàstica. Laminatge	1	1	1	0.5	1	9.0
[42]	Propietats òptiques. Refracció de la llum	1	0.5	1	1	1	8.8
[86]	Materials metàl·lics. Assaig Jominy	1	0.5	1	1	1	8.8
[115]	Diagrames de fases. Aliatges Sn-Pb	1	0.5	1	1	1	8.8

APPLET	TEMÀTICA	Interactivitat (25%)	Explicació funcionament (25%)	Fonament teòric (20%)	Variació de paràmetres (20%)	Facilitat d'ús (10%)	PUNTUACIÓ TOTAL
[10]	Propietats mecàniques. Assaig de tracció	1	1	0	1	1	8.0
[35]	Propietats elèctriques. Semiconductors	1	1	0	1	1	8.0
[43]	Propietats òptiques. Refracció i reflexió de la llum	1	1	0	1	1	8.0
[47]	Propietats òptiques. Espectre d'emissió	1	1	0	1	1	8.0
[114]	Diagrames de fases. Aliatges Sn-Bi	1	1	0.5	0.5	1	8.0

Taula 2. Applets amb major puntuació.

Com a conclusió es pot dir que la majoria de les animacions millor valorades, segons els criteris exposats anteriorment, tracten sobre l'estudi de diverses propietats dels materials: mecàniques, elèctriques, òptiques, tèrmiques, etc.

D'altra banda, les fonts on es troben aquests applets són múltiples. La majoria d'elles són universitats: Universitat de Cambridge (<http://www.doitpoms.ac.uk>); Universitat de Liverpool (<http://www.matter.org.uk/>, <http://www.steeluniversity.org/>, <http://aluminium.matter.org.uk/>); Universitat de Hawaii (<http://www.phys.hawaii.edu>); Universitat del País Basc (<http://www.sc.ehu.es>); Universitat Autònoma de Madrid (<http://www.uam.es/docencia/labvformat>); Universitat de Florida (<http://micro.magnet.fsu.edu/>), Universitat de Harvard (<http://www.harvard.edu/>)... Tot i que algunes de les animacions provenen de pàgines web de centres també involucrats en l'estudi de materials, com el National Physical Laboratory, a Anglaterra (<http://www.npl.co.uk/>); o la National Science Foundation, als Estats Units (<http://invsee.asu.edu/>).

5. CREACIÓ DE MATERIAL PROPI

En aquest apartat es presentarà una aplicació d'elaboració pròpia. La finalitat de la mateixa és determinar les tensions i direccions principals, donat un tensor de tensions de segon ordre qualsevol que representi l'estat d'un sòlid. Abans, però, s'explicarà el fonament teòric en què es basa.

Determinació de les tensions i direccions principals

5.1. Fonament teòric

En una base associada als eixos cartesianes $\{x, y, z\}$, els components del tensor de tensions que representen l'estat d'un cos s'escriuen de la següent manera [131]:

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{yx} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{zx} & \tau_{zy} & \sigma_z \end{bmatrix}_{(x,y,z)} \quad (14)$$

On:

- σ_a és la tensió normal que actua sobre el pla perpendicular a l'eix a
- τ_{ab} és la tensió tangencial que actua sobre el pla perpendicular a l'eix a en la direcció de l'eix b

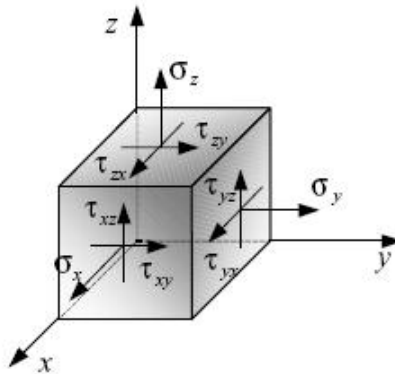


Figura 127. Representació gràfica del tensor de tensions. Font: [131]

Per definir el signe dels components del tensor de tensions, cal distingir entre *cares vistes* o positives (la normal de la qual cap a fora va en la direcció positiva del vector de la base, i que es veu a la Figura 127) i les restants *cares ocultes* o negatives.

El criteri de signes per les *cares vistes* és el següent:

- Tensions normals $\sigma_a \begin{cases} \text{positives (+)} \rightarrow \text{tracció} \\ \text{negatives (-)} \rightarrow \text{compressió} \end{cases}$
- Tensions tangencials $\tau_{ab} \begin{cases} \text{positives (+)} \rightarrow \text{sentit de l'eix } b \\ \text{negatives (-)} \rightarrow \text{sentit contrari a l'eix } b \end{cases}$

D'acord amb aquests criteris, els sentits de les tensions representats a la Figura 127 corresponen a valors positius dels respectius components del tensor de tensions.

Degut al principi d'acció i reacció, i per les *cares ocultes* del paral·lelepípede, els valors positius dels components del tensor de tensions suposen sentits contraris als de les *cares vistes* per la seva corresponent representació gràfica (Figura 128).

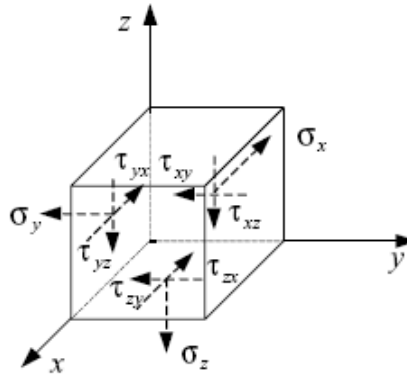


Figura 128. Tensions positives en les cares ocultes. Font: [131]

Si el cos està en equilibri estable, es compleixen les següents condicions:

$$\sum \vec{F} = 0 \quad (15)$$

$$\sum \vec{M} = 0 \quad (16)$$

Així,

$$\tau_{xy} = \tau_{yx} \quad (17)$$

$$\tau_{xz} = \tau_{zx} \quad (18)$$

$$\tau_{yz} = \tau_{zy} \quad (19)$$

Per tant, el tensor de tensions (14) es pot reescriure de la següent manera:

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_x & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z \end{bmatrix}_{(x,y,z)} \quad (20)$$

Per qualsevol estat de tensions en un cos, sempre existeix un sistema de coordenades format per tres *eixos principals*, que tenen la propietat que si es prenen com a base, l'estat de tensions queda representat per tres tensions normals (les tensions tangencials són nul·les) [131].

Això és degut a que el tensor de tensions és un tensor de segon ordre simètric, fet que permet que diagonalitzi en una base ortonormal i que els seus autovalors siguin reals. En el sistema cartesià $\{x', y', z'\}$ en el que $[\sigma]$ diagonalitza, la matriu de components serà:

$$[\sigma] = \begin{bmatrix} \sigma_1 & 0 & 0 \\ 0 & \sigma_2 & 0 \\ 0 & 0 & \sigma_3 \end{bmatrix}_{(x',y',z')} \quad (21)$$

S'anomena *direccions principals* a les direccions, associades als eixos $\{x', y', z'\}$, en les que el tensor de tensions diagonalitza. S'anomena *tensions principals* ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) als valors propis del tensor de tensions. Les *tensions principals* s'ordenaran segons el criteri $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.

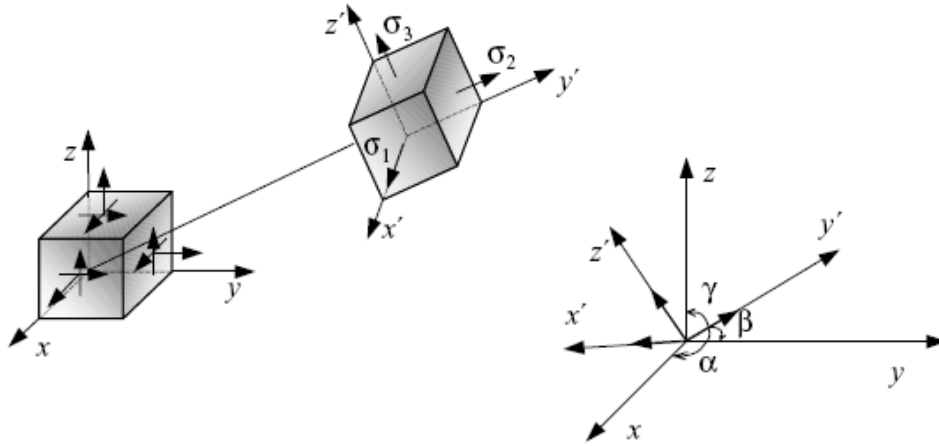


Figura 129. Diagonalització del tensor de tensions. Font: [131]

Per obtenir les direccions i tensions principals, cal plantejar el problema d'autovalors associat al tensor $[\sigma]$. És a dir, si λ i v són un autovalor i el seu corresponent autovector, respectivament, es planteja:

$$\sigma \cdot v = \lambda v \Rightarrow [\sigma - \lambda \mathbf{1}] \cdot v = 0 \quad (22)$$

Per tal que la solució d'aquest sistema sigui no trivial (diferent de $v=0$), el determinant ha de ser igual a zero, és a dir:

$$\det[\sigma - \lambda \mathbf{1}] = |\sigma - \lambda \mathbf{1}| = 0 \quad (23)$$

Que en components resulta:

$$\begin{vmatrix} \sigma_x - \lambda & \tau_{xy} & \tau_{xz} \\ \tau_{xy} & \sigma_y - \lambda & \tau_{yz} \\ \tau_{xz} & \tau_{yz} & \sigma_z - \lambda \end{vmatrix} = 0 \quad (24)$$

El desenvolupament algebraic del determinant (24) dóna lloc a la denominada *equació característica*, que correspon a una equació polinòmica de tercer grau en λ .

$$\lambda^3 - I_1 \cdot \lambda^2 + I_2 \cdot \lambda - I_3 = 0 \quad (25)$$

On:

- Les tres arrels de l'equació (25) són les tensions principals ($\lambda_1 \equiv \sigma_1$, $\lambda_2 \equiv \sigma_2$, $\lambda_3 \equiv \sigma_3$); ordenades segons el criteri $\sigma_1 \geq \sigma_2 \geq \sigma_3$.
- I_1, I_2, I_3 són els anomenats invariants del sistema, ja que el seu valor no varia al canviar d'eixos de coordenades.

$$I_1 = \text{Tr}(\sigma) = \sigma_x + \sigma_y + \sigma_z = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (26)$$

$$I_2 = \sigma_x \sigma_y + \sigma_x \sigma_z + \sigma_y \sigma_z - \tau_{xy}^2 - \tau_{xz}^2 - \tau_{yz}^2 = \sigma_1 \sigma_2 + \sigma_1 \sigma_3 + \sigma_2 \sigma_3 \quad (27)$$

$$I_3 = \det(\boldsymbol{\sigma}) = \sigma_x \sigma_y \sigma_z + 2 \cdot \tau_{xy} \tau_{xz} \tau_{yz} - \sigma_x \tau_{yz}^2 - \sigma_y \tau_{xz}^2 - \sigma_z \tau_{xy}^2 = \sigma_1 \sigma_2 \sigma_3 \quad (28)$$

Un cop conegudes les tensions principals, es pot obtenir el vector propi $v^{(i)}$ per cada tensió σ_i , resolent el sistema (22):

$$[\boldsymbol{\sigma} - \sigma_i \mathbf{1}] \cdot v^{(i)} = 0 \quad i \in \{1, 2, 3\} \quad (29)$$

que proporciona una solució no trivial per als autovectors $v^{(i)}$, ortogonals entre si; la qual, una vegada normalitzada, defineix els tres elements de la base corresponents a les tres direccions principals.

D'acord amb la interpretació gràfica dels components del tensor de tensions (Figures 129 i 130), sobre les cares del paral·lelepípede elemental associat a les direccions principals (eixos $\{x', y', z'\}$) no actuen més que unes tensions normals que són, precisament, les tensions principals.

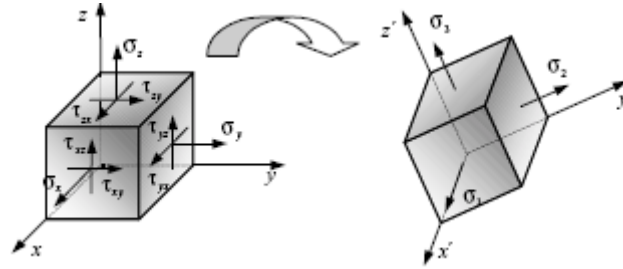


Figura 130. Diagonalització del tensor de tensions. Font: [131]

Segons el valor de les tensions principals, l'estat de tensions pot classificar-se en:

- *Hidrostàtic* o *esfèric*, si les tres tensions principals són iguals.
- Si dues de les tensions principals són iguals, el cos estarà sotmès a un estat de tensions *cilíndric*.
- En la resta de casos, es tracta d'un estat de tensions *triaxial*.

5.2. Aplicació d'elaboració pròpia usant MATLAB

Partint d'un estat de tensions qualsevol (caracteritzat per $\sigma_x, \sigma_y, \sigma_z, \tau_{xy}, \tau_{xz}, \tau_{yz}$), la finalitat d'aquesta aplicació⁵ és calcular els valors de les tensions principals ($\sigma_1, \sigma_2, \sigma_3$) i les direccions principals associades; representar gràficament les direccions principals; i classificar l'estat tensorial en *hidrostàtic*, *cilíndric* o *triaxial*.

Per executar aquesta aplicació és necessari disposar del programa *MATLAB*.

Primer de tot, cal copiar els arxius *Eigenvalue.m* i *Eigenvalue.fig* a l'ordinador, obrir el *MATLAB* i triar com a *Current directory* la carpeta en què s'ha copiat aquests arxius.

⁵ El codi del programa que executa l'aplicació, en llenguatge *MATLAB*, es troba a l'Annex 11.1.

A continuació s'escriu, a la *Command Window*, la instrucció *Eigenvalue* i es prem la tecla *Enter* (Figura 131).

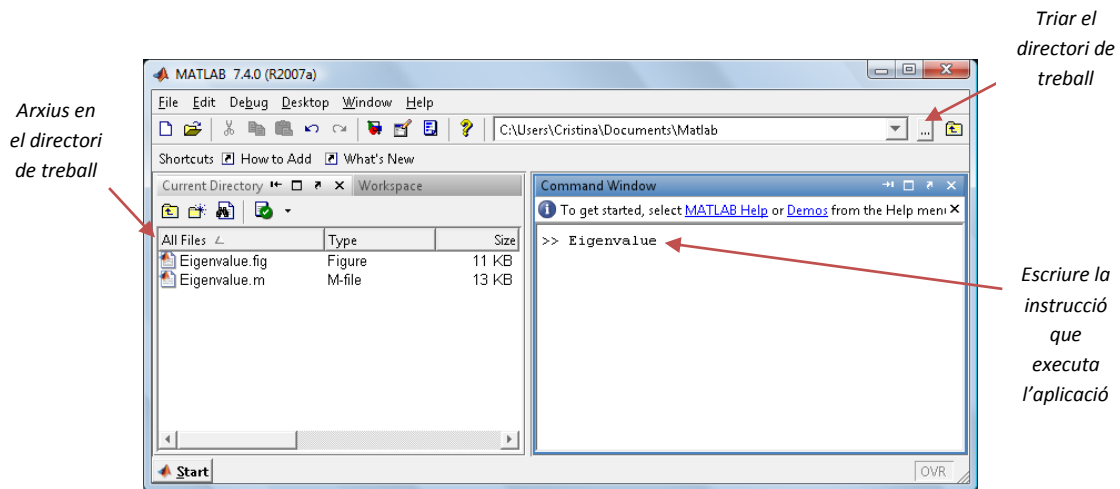


Figura 131. Programa MATLAB. Instruccions per executar l'aplicació.

Automàticament s'executarà l'aplicació (Figura 132).

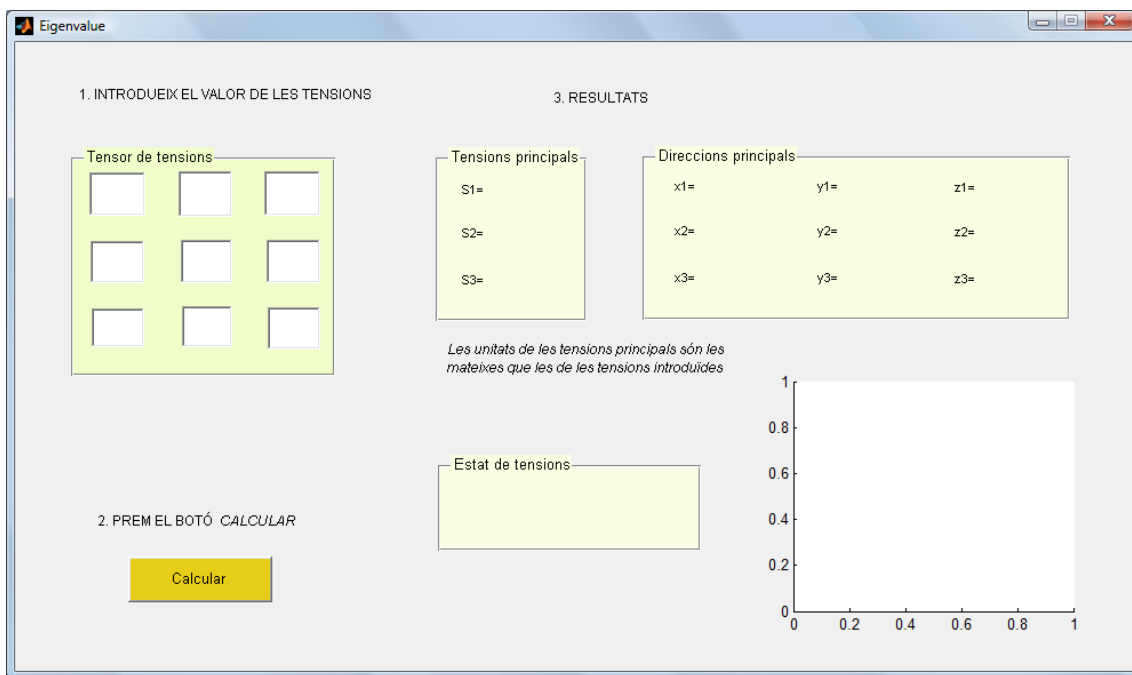


Figura 132. Pantalla inicial de l'aplicació.

Seguidament, s'introdueixen els valors dels components de tensor de tensions a les caselles corresponents, i es prem el botó *Calcular* (Figura 133).

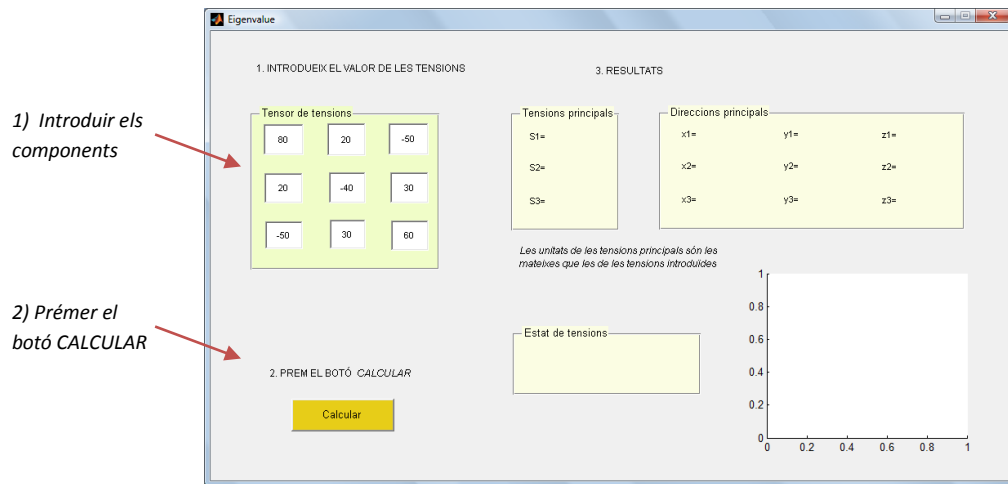


Figura 133. Introducció dels paràmetres d'entrada i càlcul dels resultats.

Un cop s'ha premut el botó *Calcular*, s'obtenen els resultats (Figura 134):

- Apareixen els valors de les tres tensions principals a l'espai corresponent.
- Apareixen els valors de les tres direccions principals a les caselles corresponents.
- S'obté la representació gràfica de les direccions principals.
- Apareix la solució corresponent en la casella *Estat de Tensions*.

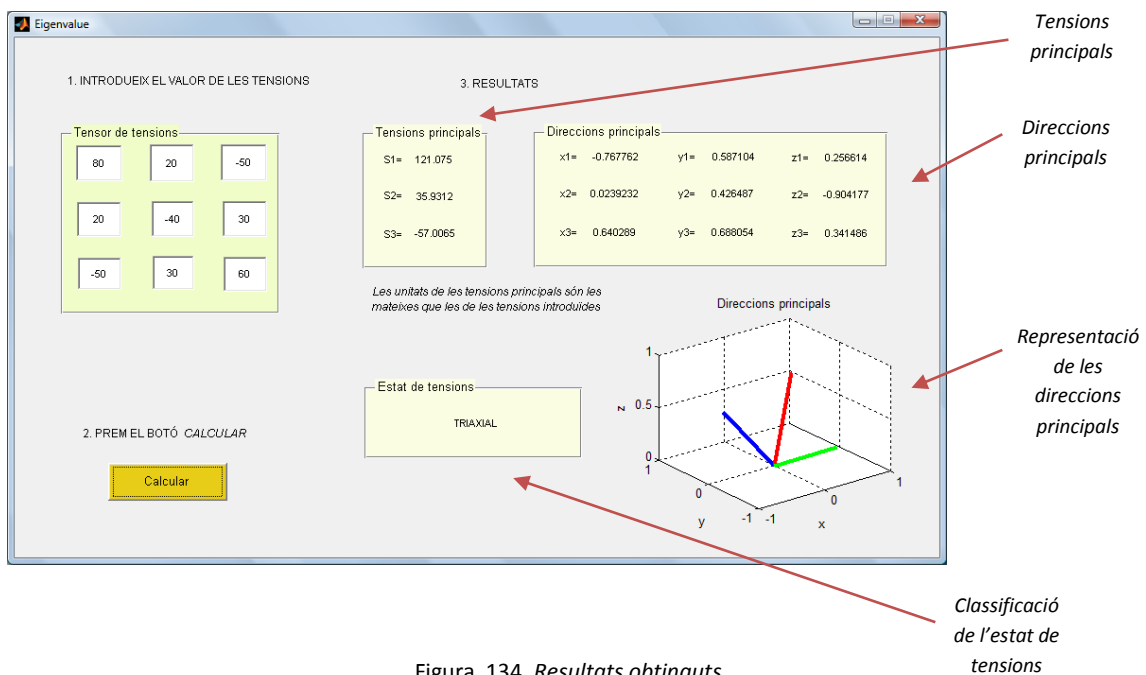


Figura 134. Resultats obtinguts.

A continuació es presenten tres exemples sobre els diferents estats de tensió possibles: hidrostàtic, cilíndric o triaxial (Figures 135-137).

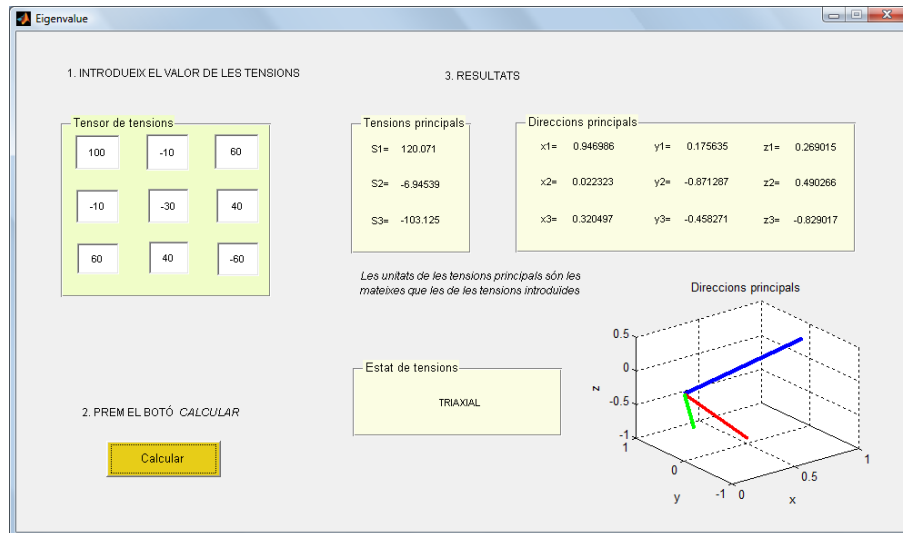


Figura 135. Estat de tensions triaxial.

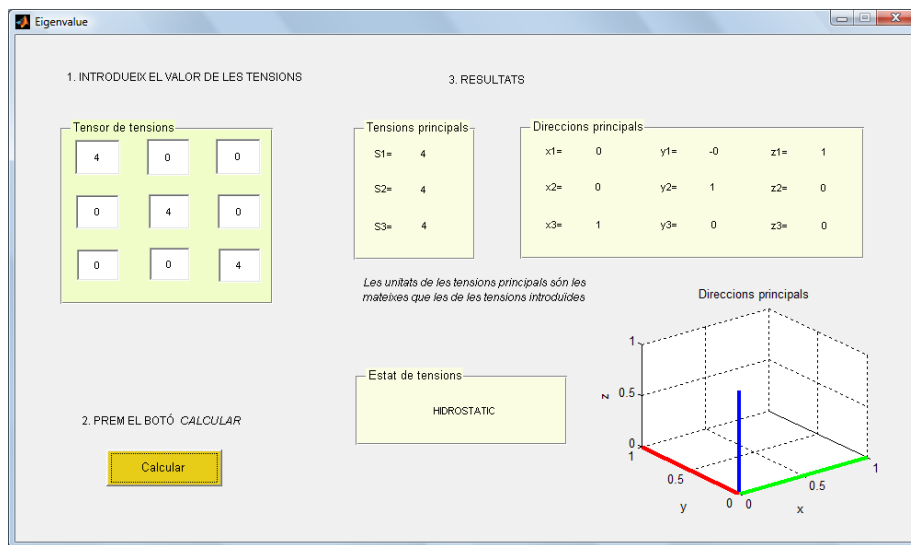


Figura 136. Estat de tensions hidrostàtic.

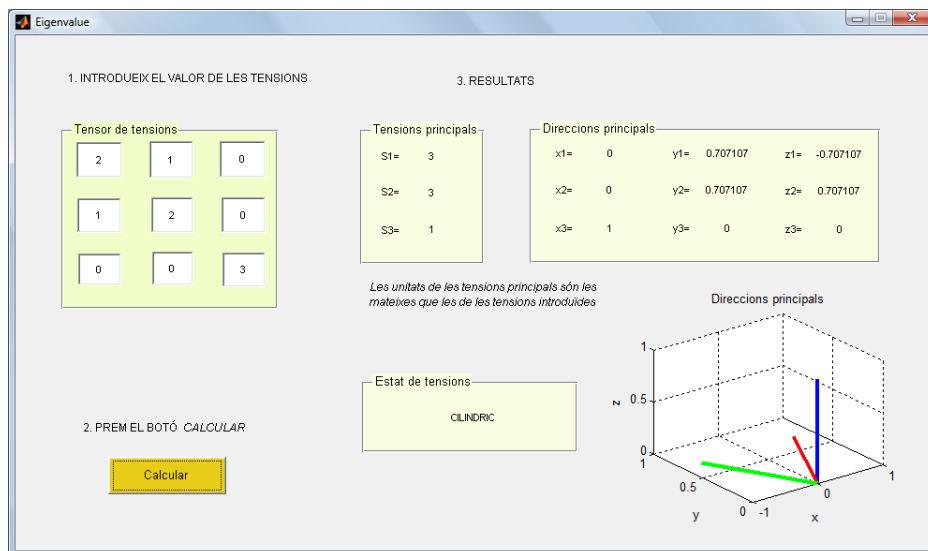


Figura 137. Estat de tensions cilíndric.

6. GRAU D'ACCEPTACIÓ DELS APPLETS COM A SUPORT EN L'ENSENYAMENT

En aquest apartat es realitzarà un anàlisi del grau d'acceptació de l'ús d'aquestes eines com a complement en l'ensenyament.

Primer es presentaran els resultats obtinguts en un projecte del Massachusetts Institute of Technology (MIT), que va tenir com a finalitat transformar la metodologia d'ensenyament de matèries relacionades amb la física en una nova metodologia basada en l'*aprenentatge actiu*, per tal d'augmentar la comprensió de conceptes per part dels alumnes [132].

A continuació s'analitzaran les opinions dels alumnes de la titulació d'Enginyeria de Materials de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), mitjançant una enquesta realitzada per a tal finalitat.

6.1. **Technology-Enabled Active Learning (TEAL) Project realitzat al Massachusetts Institute of Technology (MIT)**

Des de feia temps, s'havien detectat certes dificultats en els estudiants per aprendre determinats continguts relacionats amb la física, ja que calia que entenguessin conceptes i principis del món físic que a vegades resulten complicats de visualitzar i comprendre [132].

Alguns psicòlegs i educadors havien destacat l'existència d'una forta relació entre les habilitats visuals i espacials dels estudiants, i la facilitat per solucionar problemes de física [133].

Aquesta va ser la motivació per a què el Centre d'Iniciatives per l'Educació Computacional del Massachusetts Institute of Technology (MIT), junt amb el Departament de Física també del MIT, duguessin a terme l'anomenat *Technology-Enabled Active Learning (TEAL) Project*.

L'objectiu d'aquest projecte va ser transformar la manera en què s'ensenyaven fins aleshores matèries relacionades amb la física, per tal de disminuir el percentatge de suspensos (fins aleshores, major al 10%) i augmentar la comprensió dels conceptes per part dels alumnes [132].

Les transformacions van ser diverses: canviar les lliçons de teoria magistrals per classes que incloguessin mètodes interactius i visuals; resoldre problemes i exercicis en grup; i tornar a introduir les sessions de laboratori dins el programa de l'assignatura, ja que, a diferència de moltes institucions d'Estat Units i d'arreu del món, la majoria de cursos d'introducció a la física del MIT no havien comptat amb la realització d'experiències de laboratori des de feia tres dècades [132].

La primera assignatura seleccionada va ser *Electricitat i Magnetisme*; en la qual els canvis introduïts pel *TEAL Project* es van basar en fomentar un aprenentatge més actiu, per tal d'ajudar als estudiants a visualitzar, desenvolupar la seva intuïció i conceptualitzar models dels fenòmens electromagnètics. Les classes de teoria i problemes es van impartir en una aula en la qual els estudiants podien seure en grups de 9, en taules rodones, i disposaven d'ordinadors portàtils amb connexió a Internet; mentre que també van realitzar pràctiques de laboratori relacionades amb els continguts de l'assignatura. D'aquesta manera, l'ensenyament estava

basat en presentacions, explicacions i aclariments orals, simulacions, consulta a pàgines web, exercicis en grup, pràctiques de laboratori, etc.

Aquesta experiència es va dur a terme en els cursos d'*Electricitat i Magnetisme* de Tardor-2001 i de Primavera-2003. El nombre total d'alumnes involucrats en el projecte va ser de 482. Cal destacar que, en el curs de Tardor-2001, l'assignatura va ser impartida per professors directament involucrats en el *TEAL Project*; mentre que el curs de Primavera-2003 el van impartir professors nous, cap d'ells havia estat involucrat prèviament en el *TEAL Project*, i algun d'ells no se sentia còmode amb l'ús d'entorns multimèdia.

A continuació es presenta i s'analitza l'impacte que va causar el *TEAL Project* en els alumnes, basat en els resultats dels qüestionaris realitzats després dels cursos de Tardor-2001 i Primavera-2003. En aquests qüestionaris es va demanar als estudiants que llistessin els elements més importants que van contribuir a l'enteniment de la matèria, i que raonessin la seva selecció. Es van classificar les respostes en quatre categories: explicacions orals durant la classe, tecnologia, problemes escrits i llibres. La categoria de tecnologia incloïa: experiments; simulacions i visualitzacions bidimensionals i tridimensionals; la lectura del contingut d'adreces web abans d'assistir a classe; i qüestionaris de correcció automàtica, acompanyat de la discussió corresponent. La categoria de problemes escrits constava tant de problemes assignats per resoldre individualment a casa, com problemes resolts en grup durant la classe.

Com a exemple, la Taula 3 conté les explicacions donades per un dels estudiants del curs de Primavera-2003.

Mètode d'ensenyament		Explicació de l'estudiant
Explicacions orals durant la classe		El fet de tenir professors a la teva disposició per resoldre dubtes era probablement el millor aspecte del <i>TEAL</i> .
Tecnologia	Experiments	Els experiments eren interessants, tot i que alguns no estaven ben explicats.
	Simulacions i visualitzacions bidimensionals i tridimensionals	Les simulacions eren molt útils per entendre i visualitzar com el camp elèctric i el camp magnètic interactuen amb partícules carregades, conductors, etc. A més, les visualitzacions tridimensionals no es poden trobar en un llibre.
	Lectura de pàgines web abans de la classe	Va obligar-nos a preparar els temes abans d'assistir a classe
	Qüestionaris de correcció automàtica	Podíem posar a prova el que havíem après, però sense por a fallar.
Problemes escrits	Problemes assignats per resoldre individualment	Fer problemes ajuda a completar la teoria que s'ha explicat a classe.
	Problemes resolts en grup durant la classe	Treballar amb altres estudiants i discutir qüestions amb ells em va ajudar més que resoldre els problemes de forma individual.
Llibres		M'agrada estudiar dels llibres perquè puc anar al meu ritme i revisar els conceptes que no he entès tantes vegades com calgui.

Taula 3. Explicacions d'un estudiant del curs de Primavera-2003. Adaptat de: [132]

Les estadístiques de les enquestes, tant dels cursos de Tardor-2001 com de Primavera-2003, es mostren a continuació (Figura 138).

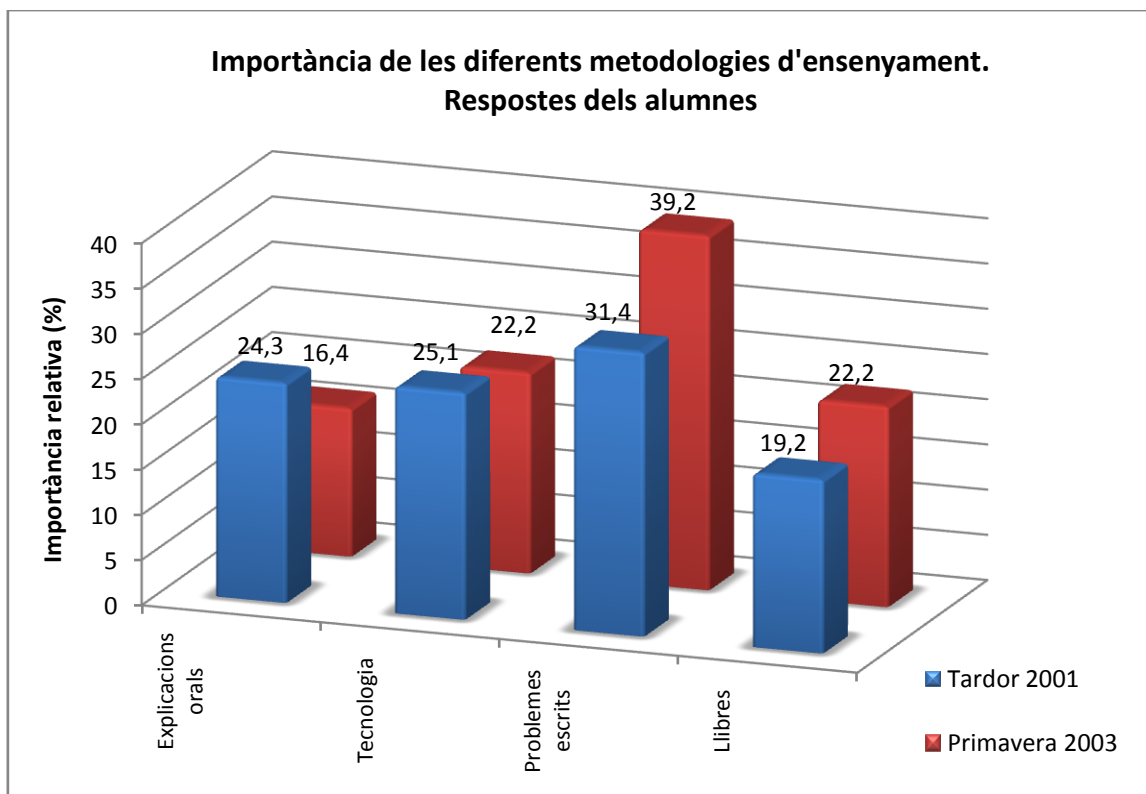


Figura 138. Respostes dels estudiants, en %. Adaptat de [132]

Tres de les quatre categories tenen una importància similar pels estudiants; mentre que la resolució de problemes és la que presenta una major rellevància, en ambdós casos. La tecnologia té una importància no menyspreable, però el professor continua sent indispensable tant per les explicacions orals com per la resolució de dubtes.

Durant el curs de Primavera-2003, quan els professors no estaven familiaritzats amb el *TEAL Project*, les percepcions dels estudiants van ser les següents: per una banda, destacaven el potencial dels entorns multimèdia; però d'altra banda, expressaven la necessitat de millorar la integració de certs professors en aquest entorn.

A les qualificacions dels estudiants també es va veure reflectit el canvi en la metodologia d'ensenyament. En els cursos en què es va dur a terme el *TEAL Project*, el percentatge d'alumnes suspesos va ser menor (aproximadament un 5%), comparat amb els resultats d'anys anteriors, en què es duïen a terme les lliçons magistrals (7-13%) [132].

Als professors d'assignatures relacionades amb les ciències i enginyeries cada cop se'ls demana que ensenyin més continguts, d'una manera més efectiva, i que transmetin als estudiants la manera com entendre, predir i extrapolar les qüestions relacionades amb la matèria [132]. A més, els *National Science Education Standards* desaproven les metodologies d'aprenentatge basades en memoritzar i recitar; i promouen la necessitat de comprendre, aprofundir els conceptes i donar la oportunitat als estudiants d'anar més enllà [134].

Com a conclusió es pot dir que els resultats d'aquest estudi mostren que les sessions de resolució de problemes, les simulacions i visualitzacions bidimensionals i tridimensionals, junt amb els experiments, la consulta de pàgines web, i els qüestionaris amb correcció automàtica, promouen significativament la comprensió dels fenòmens d'electromagnetisme per part dels estudiants. I per tant, poden ser també d'utilitat en altres assignatures de carreres de ciències o enginyeries.

6.2. Resultats de l'enquesta realitzada als estudiants d'Enginyeria de Materials de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB)

Durant el mes d'Abril de l'any 2009 s'ha realitzat una enquesta⁶ entre els alumnes de la titulació d'Enginyeria de Materials, per tal de conèixer tant el nivell d'ús de l'ordinador i Internet, com la seva opinió respecte les metodologies d'ensenyament, i especialment, sobre l'ús d'animacions i simulacions.

Actualment 41 alumnes estan matriculats en el pla d'estudis, i 13 estudiants cursen alguna de les assignatures d'Enginyeria de Materials, tot i estar oficialment matriculats en un altre pla d'estudis [135].

Entre els 33 estudiants que han respost l'enquesta⁷, 9 han accedit per primera vegada a la titulació aquest curs 2008-2009, 10 van iniciar-la el curs 2007-2008, 7 van accedir al curs 2006-2007, mentre que els 7 restants van iniciar-la en anys anteriors. El 72.7% dels enquestats són homes i el 27.3% dones; i la mitjana d'edat dels mateixos és de 27 anys.

La relació d'alumnes enquestats respecte la població total⁸ seria, per tant, d'un 61.1%.

Respecte l'ús de simulacions i recursos visuals per part dels alumnes, el 57.7% del col·lectiu afirma haver-ne consultat per iniciativa pròpia. Segons l'opinió dels estudiants, la rellevància d'aquests recursos com a metodologia d'aprenentatge no és menyspreable. Tot i així, el mitjà que consideren més important⁹ són les transparències i explicacions orals del professor (27.3%); amb una rellevància intermèdia, els problemes escrits (21.9%) i les pràctiques de laboratori (20.3%); i de menor importància, però no menyspreable, els llibres (15.8%) i els recursos interactius i pàgines web (14.7%) (Figura 139).

⁶ Veure Annex 11.2. *Enquesta realitzada als alumnes d'Enginyeria de Materials*

⁷ S'inclouen estudiants que cursen assignatures d'Enginyeria de Materials com a crèdits de lliure elecció d'una altra titulació.

⁸ S'inclouen estudiants que cursen assignatures d'Enginyeria de Materials com a crèdits de lliure elecció d'una altra titulació.

⁹ Veure Annex 11.3. *Càlcul de la importància relativa de cada metodologia d'ensenyament*

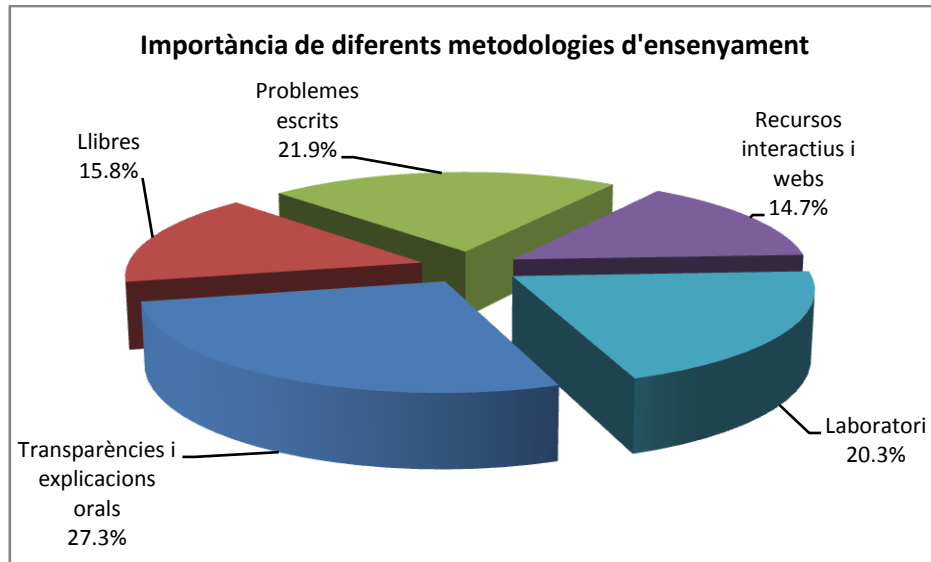


Figura 139. Importància relativa de les metodologies d'ensenyament, calculada segons Annex 11.3.

Gairebé tots els enquestats (97.0%) pensen que els applets poden ser un bon complement per l'aprenentatge. Alguns alumnes (36.4%) consideren que les animacions podrien ser un recurs extra per poder consultar des de casa, mentre que molts (63.6%) preferirien que aquest material formés part de les classes.

Tot i que la major part dels estudiants creu que la qualitat actual de les classes és bona o suficient (Figura 140), també consideren que les animacions serien d'utilitat tant en les classes de teoria (87.9%), de problemes (39.4%) com de laboratori (57.6%). En la majoria de casos (87.9%), els alumnes creuen que l'ús de material interactiu faria més dinàmiques les classes.

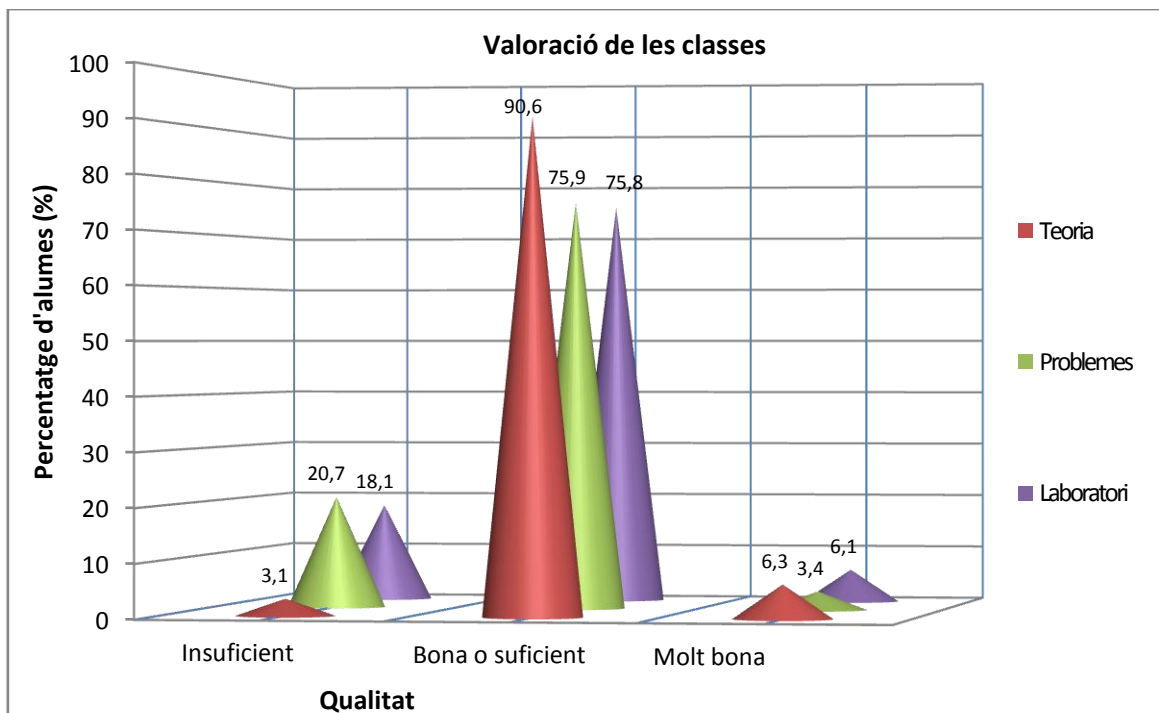


Figura 140. Valoració de les classes per part dels alumnes.

Cal tenir en compte que la major part dels estudiants estan acostumats a treballar amb l'ordinador i a consultar Internet. La regularitat amb què els alumnes utilitzen l'ordinador fora de les classes és molt elevada: el 84.8% l'usen entre 5 i 7 dies per setmana; mentre que el 15.2% restant acostumen a utilitzar-lo entre 3 i 4 dies per setmana.

La totalitat dels estudiants enquestats disposa d'ordinador al seu domicili, i la majoria d'ells (93.9%) es pot connectar a Internet des de casa. Els alumnes que no disposen d'Internet al seu domicili el solen consultar des de la sala d'informàtica de la ETSE o des de les biblioteques. Molts dels alumnes (84.8%) utilitzen Internet per solucionar els dubtes que els sorgeixen mentre estudien, apart de consultar llibres (66.7%) o preguntar a algú (51.5%), entre d'altres.

Es pot dir, per tant, que degut a la proximitat dels estudiants als mitjans informàtics i a Internet, les animacions són uns recursos que tenen bona acollida entre aquest col·lectiu. D'aquesta manera, els applets podrien formar part de les classes d'Enginyeria de Materials -actualment ja formen part de la docència d'algunes assignatures- o utilitzar-se com a material extra de consulta.

7. ASPECTES ECONÒMICS

L'ús d'applets en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials no implica una despesa econòmica extra, ja que l'accés a totes les animacions presentades en aquest projecte és lliure, i les aules i els laboratoris de la ETSE actualment ja disposen d'ordinador i de connexió a Internet.

Tal com s'ha exposat anteriorment, la utilització d'aquests recursos no pretén substituir cap de les metodologies d'ensenyament, sinó complementar la docència de les assignatures.

Tot i així, en algunes pràctiques de laboratori es repeteix un mateix experiment diverses vegades, només variant algun paràmetre (material, temperatura, velocitat, etc.). En aquests casos, es pot calcular l'estalvi econòmic que suposaria realitzar una o varies experiències reals, per tal de no privar a l'estudiant d'aquest tipus d'experiments, i simular-ne la resta.

Com a exemple, a continuació es calcularà l'estalvi que suposaria simular 7 de les 10 experiències que formen part de la pràctica de l'assaig Charpy, de l'assignatura Propietats Mecàniques dels Materials.

- Dades:
 - En cada experiència es consumeix una proveta
 - Nombre total d'experiències per grup: 10
 - Nombre d'estudiants que cursa l'assignatura, per any acadèmic: 15
 - Nombre d'estudiants per grup: 3
 - Cada integrant del grup realitza una experiència real
 - Preu mitjà de les proves: 12 €
- Càlculs:

Degut a que cada integrant del grup realitza un experiment real, es realitzen 3 experiències reals per grup, i els 7 restants es simulen.

$$\frac{15 \text{ alumnes}}{3 \frac{\text{alumnes}}{\text{grup}}} \cdot \frac{7 \text{ proves}}{\text{grup}} \cdot \frac{12 \text{ €}}{1 \text{ proveta}} = 420 \text{ € estalvi}$$

Seguidament també es calcularà l'estalvi que suposaria simular 2 de les 5 experiències que formen part de la pràctica de l'assaig de tracció, també de l'assignatura Propietats Mecàniques dels Materials.

- Dades:
 - En cada experiència es consumiria una proveta
 - Nombre total d'experiències per grup: 5
 - Nombre d'estudiants que cursa l'assignatura, per any acadèmic: 15
 - Nombre d'estudiants per grup: 3
 - Cada integrant del grup realitza una experiència real
 - Preu mitjà de les proves: 22 €

- Càlculs:

Degut a que cada integrant del grup realitza un experiment real, es realitzen 3 experiències reals per grup, i els 2 restants es simulen.

$$\frac{15 \text{ alumnes}}{3 \frac{\text{alumnes}}{\text{grup}}} \cdot \frac{2 \text{ provetes}}{\text{grup}} \cdot \frac{22 \text{ €}}{1 \text{ proveta}} = 220 \text{ € estalvi}$$

Es pot dir, per tant, que simulant part de les experiències de laboratori s'obté un estalvi considerable: en les pràctiques de l'assaig Charpy i l'assaig de tracció, 420 € i 220 € per any acadèmic, respectivament.

8. ASPECTES MEDIAMBIENTALS

L'ús dels applets presentats en aquest projecte no genera residus. A més, la seva utilització podria contribuir a reduir la generació dels mateixos, en el cas que algunes animacions s'utilitzessin com a substitució de part dels experiments de laboratori. D'aquesta manera, també s'estalviaria part de la despesa energètica que suposa el reciclatge de les provetes de laboratori usades en els experiments.

La utilització d'aquestes animacions, per tant, estaria d'acord amb les directrius de generar els mínims residus i de fomentar la reducció en origen, establertes en el Pla d'Acció Local per a la Sostenibilitat de la Universitat Autònoma de Barcelona [136].

9. CONCLUSIONS

L'objectiu principal d'aquest projecte ha estat recopilar, agrupar i exposar una sèrie de recursos actualment disponibles a Internet, que poden ser d'utilitat en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials.

Al llarg d'aquest treball s'han presentat un total de 124 animacions de diferents temàtiques: propietats dels materials, tipus de materials, microestructura, i tècniques d'obtenció i processat de materials.

Després de realitzar una valoració individual de cadascuna de les animacions, s'ha arribat a la conclusió que els applets més interactius i fàcils de comprendre generalment tracten sobre diverses propietats dels materials, i la majoria provenen de pàgines web d'universitats i centres involucrats en l'estudi de materials.

Per altra part, s'ha desenvolupat una aplicació que calcula els valors de les tensions principals, representa les direccions principals i classifica l'estat tensorial, un cop l'usuari ha introduït les variables d'entrada.

Cal mencionar que aquesta aplicació no es pot executar de la mateixa manera que ho fan els applets de Java o de Flash disponibles a Internet, sinó que requereix la instal·lació del *MATLAB*, que és el programa que s'utilitza a l'assignatura *Mètodes Numèrics i Simulació*. Tenint en compte que la finalitat principal d'aquest projecte no és la creació d'applets, sinó la seva recopilació i presentació, i per posar en pràctica alguns dels coneixements adquirits en aquesta assignatura, s'ha decidit desenvolupar aquesta aplicació com a exemple. Per tal que aquesta es pogués executar des de la web sense necessitat d'instal·lar cap programa, caldria traduir i adaptar el codi de l'aplicació actual a llenguatge Java o altres llenguatges que permetessin una execució directa.

Pel que fa a l'ús dels applets com a complement de l'aprenentatge, es considera que aquests recursos podrien formar part de les classes, tant de teoria, de problemes, com de laboratori; tot i que l'objectiu no seria la substitució de les metodologies actuals, sinó el seu complement.

D'altra banda, les animacions també podrien formar part d'un llistat de recursos addicionals que l'alumne pogués consultar des de casa, per tal de motivar l'autoaprenentatge a través d'un procés en què l'estudiant pogués explorar, cometre errors i corregir les seves pròpies respostes.

En ambdós casos, seria necessari disposar d'un guió o unes directrius capaces de guiar l'alumne, per tal de facilitar una activitat ordenada i progressiva.

Pel que fa al grau d'acceptació dels applets, s'han analitzat les opinions dels alumnes de la titulació d'Enginyeria de Materials de la UAB, mitjançant una enquesta realitzada per a tal efecte. S'ha arribat a la conclusió que degut a la proximitat dels estudiants als mitjans informàtics i a Internet, aquests recursos tenen bona acollida entre el col·lectiu.

Cal destacar que l'ús d'applets en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials no implica una despesa econòmica extra, ja que l'accés a totes les animacions presentades en aquest projecte és lliure, i les aules i els laboratoris de la ETSE actualment ja disposen d'ordinador i de connexió a Internet. A més, la seva utilització estaria d'acord amb les directrius de generar els mínims residus i de fomentar la reducció en origen, establertes en el Pla d'Acció Local per a la Sostenibilitat de la UAB.

Finalment, es pot dir que amb la realització d'aquest projecte s'han assolit els principals objectius proposats; de totes maneres, el treball podria ampliar-se de forma contínua, degut a la gran quantitat d'informació i recursos existents a Internet, i a la seva actualització amb el pas del temps.

10. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] Marín. *La utilización de los recursos actualmente existentes en Internet para la enseñanza de Ingeniería de Materiales*. Proyecto Final de Carrera. Ingeniería de Materiales. UAB, febrero 2009.
- [2] Rosado; Herreros. *Nuevas aportaciones didácticas de los laboratorios virtuales y remotos en la enseñanza de la Física*. <<http://www.formatex.org/micte2005/286.pdf>>
- [3] Crisp. *Using Java Applets to help make online assessment interactive*.
<<http://www.ascilite.org.au/conferences/auckland02/proceedings/papers/096.pdf>>
- [4] Trigo; et. al. *The Use of Applet in an Engineering Chemistry Course: a Case Study of the Polytechnic School of the University of Sao Paulo*.
<http://icee2008hungary.net/download/fullp/full_papers/full_paper174.pdf>
- [5] Jara; et. al. *Real-time collaboration of virtual laboratories through the Internet*. Computers & Education, 52 (2009) 126-140
- [6] Masters; Madhyastha. *Educational Applets for Active Learning in Properties of Electronic Materials*.
<http://quantum.soe.ucsc.edu/documents/Jessica_TransEdu0205.pdf>
- [7] Applets: materials compostos <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/fibre_composites/stiffness.php>
- [8] Applets: materials compostos
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/fibre_composites/lamina_stiffness.php>
- [9] Applet: velocitat de fluència <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/creep/simulation.php>>
- [10] Applet: assaig de tracció <<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/tensile-test.asp?sa=0>>
- [11] Applet: assaig de tracció <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-1/intro.php>>
- [12] Applet: canvis microestructurals en un polímer durant l'assaig de tracció
<<http://materials.npl.co.uk/NewIOP/Polymer.html>>
- [13] Applet: determinació del mòdul d'elasticitat
<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/solido/din_rotacion/alargamiento/alargamiento.htm>
- [14] Applet: moviment de les dislocacions
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dislocations/media.php?type=video&file=true-glide.mov&caption=Animation+of+slip+by+dislocation+glide&width=305&height=245&popup=&return=dislocation_glide>
- [15] Applet: moviment de les dislocacions
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/edge1.mov>>
- [16] Applet: moviment de les dislocacions
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/edge2.mov>>
- [17] Applet: assaig Charpy <<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/charpy-test.asp>>
- [18] Applet: duresa Brinell <<http://invsee.asu.edu/srinivas/brinell.html>>
- [19] Applet: duresa Knoop <<http://invsee.asu.edu/srinivas/knoop.html>>
- [20] Applet: duresa Vickers <<http://invsee.asu.edu/srinivas/vicker.html>>

-
- [21] Applet: duresa Vickers <<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/hardness-test.asp?sa=0>>
- [22] Applet: piezoelectricitat <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/piezoelectrics/polarisation.php>>
- [23] Applet: piezoelectricitat <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/piezoelectrics/pzt.php>>
- [24] Applet: usos dels materials piezoelèctrics
<<http://www.whystudymaterials.ac.uk/students/fun/piezo.asp>>
- [25] Applet: tipus de polarització
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/polarisation_mechanisms.php>
- [26] Applet: efecte de la freqüència del camp elèctric en cadascun dels mecanismes de polarització
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/variation.php>>
- [27] Applet: introducció d'un dielèctric entre les plaques d'un condensador
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/capacitors.php>>
- [28] Applet: relació entre la constant dielèctrica i l'estructura dels materials
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/structure.php>>
- [29] Applet: ruptura dielèctrica <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/breakdown.php>>
- [30] Applet: influència de la temperatura en la constant dielèctrica
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/dielectrics/temperature.php>>
- [31] Applet: propietats dels superconductors
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/superconductivity/discovery.php>>
- [32] Applet: superconductors tipus I i tipus II
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/superconductivity/type.php>>
- [33] Applet: aplicació de superconductors en trens de levitació magnètica
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/superconductivity/applications.php>>
- [34] Applet: experiment sobre levitació magnètica
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/superconductivity/discovery.php>>
- [35] Applet: resistivitat de diversos semiconductors
<<http://materials.npl.co.uk/NewIOP/Resistivity.html>>
- [36] Applet: variació de la resistivitat amb la temperatura per als materials semiconductors tipus n
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/ntype.mov>>
- [37] Applet: piroelectricitat i ferroelectricitat
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/pyroelectricity/polarisation.php>>
- [38] Applet: ús de materials piroelèctrics en detectors d'infraroig
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/pyroelectricity/infrared.php>>
- [39] Applet: magnetització d'un material ferromagnètic en aplicar un camp magnètic en una direcció
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ferromagnetic/hysteresis.php>>

- [40] Applet: cicle d'histeresi d'un ferromagnètic
<<http://www.lassp.cornell.edu/sethna/hysteresis/hysteresis.html>>
- [41] Applet: cicle d'histeresi d'un ferromagnètic
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/ferromagnetic/hysteresis.php>>
- [42] Applet: refracció de la llum
<<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/refraction/refractionangles/>>
- [43] Applet: refracció i reflexió de la llum <<http://invsee.asu.edu/clive/optics2/Optics.htm>>
- [44] Applet: llei de Snell <http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/Physics/applet_2_8/applet_2_8.htm>
- [45] Applet: refracció de la llum <<http://www.ndt-ed.org/EducationResources/CommunityCollege/Ultrasonics/Physics/refractionsnells.htm>>
- [46] Applet: refracció i reflexió de la llum
<<http://www.phys.hawaii.edu/~teb/java/ntnujava/propagation/propagation.html>>
- [47] Applet: espectres d'emissió de diverses fonts de llum
<<http://mo-www.harvard.edu/Java/MiniSpectroscopy.html>>
- [48] Applet: conducció del calor
<<http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/transporte/conduccion/conduccion.htm>>
- [49] Applet: calor específic <http://invsee.asu.edu/srinivas/specific-heat/specific_heat.html#>
- [50] Applet: dilatacions tèrmiques
<<http://cwx.prenhall.com/bookbind/pubbooks/giancoli3/chapter17/multiple3/deluxe-content.html>>
- [51] Applet: pila Daniell <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/batteries/basic_principles.php>
- [52] Applet: diagrames de Pourbaix
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/pourbaix/pourbaix_construction.php>
- [53] Applet: diagrames de Pourbaix <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/pourbaix/3d_diagram.php>
- [54] Applet: diagrames de Pourbaix
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/pourbaix/pourbaix_anatomy.php>
- [55] Applet: diagrames de Pourbaix
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=178&pageid=2144416648>>
- [56] Applet: cinètica de la corrosió
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=178&pageid=2144416656>>
- [57] Applet: cinètica de la corrosió
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=178&pageid=2144416657>>
- [58] Applet: corrosió galvànica
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=180&pageid=2144416692>>
- [59] Applet: corrosió filiforme
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=180&pageid=2144416691>>

- [60] Applet: corrosió intergranular
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=180&pageid=2144416695>>
- [61] Applet: corrosió intergranular
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=180&pageid=2144416696>>
- [62] Applet: corrosió per picada
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=180&pageid=2144416698>>
- [63] Applet: recobriments per protegir de la corrosió
<http://www.matter.org.uk/steelmatter/manufacturing/4_1.html>
- [64] Applet: galvanització en calent
<http://www.matter.org.uk/steelmatter/manufacturing/coating/4_1_2_1.html>
- [65] Applet: reciclatge de metalls, separació mitjançant corrents d'Eddy
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/recycling-metals/eddy_current.php>
- [66] Applet: efecte dels precipitats en les propietats mecàniques
<http://www.matter.org.uk/steelmatter/metallurgy/strength/6_1_4.html>
- [67] Applet: programa de temperatura en l'enduriment per precipitació
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=70&pageid=-1542434388>>
- [68] Applet: etapa de solubilització en l'enduriment per precipitació
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=70&pageid=-1891704003>>
- [69] Applet: etapa de tremp en l'enduriment per precipitació
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=70&pageid=209108922>>
- [70] Applet: etapa d'envelliment en l'enduriment per precipitació
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=70&pageid=2069320146>>
- [71] Applet: tractament de solubilització en l'enduriment per precipitació
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/solutn.mov>>
- [72] Applet: etapa de tremp en l'enduriment per precipitació
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/quench.mov>>
- [73] Applet: etapa d'envelliment en l'enduriment per precipitació
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/agehardn.mov>>
- [74] Applet: límit elàstic en funció de la temperatura i el temps d'envelliment
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/agetemp.mov>>
- [75] Applet: enduriment per deformació, variació de la densitat de dislocacions segons la deformació plàstica aplicada
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=62&pageid=1527466580>>
- [76] Applet: enduriment per deformació, relació amb la densitat de dislocacions
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=62&pageid=1036193915>>
- [77] Applet: enduriment per deformació, interacció entre dislocacions
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=62&pageid=989315711>>
- [78] Applet: enduriment per solució sòlida, deformació produïda per un defecte substitucional
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=63&pageid=1840155235>>
- [79] Applet: enduriment per solució sòlida, efecte de diversos elements aleants en l'alumini
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=63&pageid=-1133369916>>

- [80] Applet: enduriment per mida de gra, apilament de dislocacions
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=64&pageid=1000298442>>
- [81] Applet: enduriment per mida de gra, impediment per al moviment de dislocacions en els límits de gra
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=64&pageid=1000301064>>
- [82] Applet: enduriment per mida de gra, determinació de la mida de gra
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/html/eng/default.asp?catid=64&pageid=997788167>>
- [83] Applet: obtenció d'acers <<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/bos-sim.asp>>
- [84] Applets: corbes TTT i CCT <http://www.matter.org.uk/steelmatter/metallurgy/7_1_2.html>
- [85] Applet: corbes TTT <<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/ttt7.mov>>
- [86] Applet: assaig Jominy <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/jominy/sim1.php>>
- [87] Applet: assaig Jominy <http://www.matter.org.uk/steelmatter/metallurgy/7_1_1.html>
- [88] Applet: disseny d'un acer d'alta resistència
<<http://www.steeluniversity.org/content/html/eng/design-a-steel.asp>>
- [89] Applet: obtenció de recobriments ceràmics
<http://www.kentpotters.co.uk/glaze_calculator/index.html>
- [90] Applet: estimació de les propietats a partir de la composició de la ceràmica
<<http://www.pirika.com/chem/MaterialD/Glass/Glass.htm>>
- [91] Applet: estimació de la fórmula de la ceràmica a partir de les propietats
<<http://www.pirika.com/chem/MaterialD/Glass/GlassRE.htm>>
- [92] Applet: relació entre propietats i estructura dels polímers
<<http://www.pirika.com/chem/PolymerE/polypE.htm>>
- [93] Applet: tensions i distorsions en un material compost format per capes
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/fibre_composites/stresses.php>
- [94] Applet: criteris de fallada en un material laminat
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/fibre_composites/laminate_failure.php>
- [95] Applet: propietats mecàniques d'un material compost
<http://www.espci.fr/usr/chateau/COURS/Composites/Applet_comp/transfert/transfert_en/transfert_en.html>
- [96] Applet: cel·la cúbica simple <<http://www.ehu.es/pizarro/javasimulations/ECSApplet.html>>
- [97] Applet: cel·la BCC <<http://www.ehu.es/pizarro/javasimulations/ECAApplet.html>>
- [98] Applet: cel·la FCC <<http://www.ehu.es/pizarro/javasimulations/ECCApplet.html>>
- [99] Applet: cel·la HCP <<http://www.ehu.es/pizarro/javasimulations/EHCAApplet.html>>
- [100] Applet: plans a la cel·la cúbica <<http://invsee.asu.edu/srinivas/cubic.html#>>
- [101] Applet: plans a la cel·la cúbica
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/miller_indices/lattice_draw.php>

- [102] Applet: plans a la cel·la hexagonal <<http://invsee.asu.edu/srinivas/hexagonal.html#>>
- [103] Applet: indexació de plans <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/miller_indices/lattice_index.php>
- [104] Applet: parts del TEM <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/tem/tem.php>>
- [105] Applet: font d'electrons del TEM <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/tem/illumination.php>>
- [106] Applet: focalització d'electrons en el TEM
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/tem/illumination_condensers.php>
- [107] Applet: electrons transmesos en el TEM
<http://www.matter.org.uk/tem/electron_scattering.htm>
- [108] Applet: SEM <<http://micro.magnet.fsu.edu/primer/java/electronmicroscopy/magnify1/>>
- [109] Applet: llei de Bragg <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/xray-diffraction/bragg.php>>
- [110] Applet: factor d'estructura
<http://www.matter.org.uk/diffraction/intensity/structure_exercises.htm>
- [111] Applet: orientacions preferencials
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/xray-diffraction/oriented_samples.php>
- [112] Applet: fases presents en una mostra d'hidroxiapatita
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/xray-diffraction/phase_identification.php>
- [113] Applet: fases presents en una mostra de zircònia
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/xray-diffraction/phase_identification.php>
- [114] Applet: diagrama de fases Sn-Bi <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/phase-diagrams/media.php?type=flash&file=sn-bi.swf&caption=Interactive+Sn-Bi+phase+diagram+and+SEM+images&width=580&height=650&popup=&return=experiment>>
- [115] Applet: diagrama de fases Sn-Pb
<<http://www.uam.es/docencia/labvformat/labvformat/practicas/practica1/index.htm>>
- [116] Applet: diagrama de fases d'un aliatge genèric A-B
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/coolhypr.mov>>
- [117] Applet: perfil de concentracions durant la solidificació, segons l'equació de Scheil
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/solidification_alloys/scheil.php>
- [118] Applet: perfil de concentracions durant la solidificació, si la difusió en el líquid està limitada
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/solidification_alloys/steady_state.php>
- [119] Applet: perfil de concentracions durant la solidificació, si la difusió en el líquid està limitada. Estat estacionari <http://www.matter.org.uk/solidification/redistribution/steady_state.htm>
- [120] Applet: microestructura obtinguda per emmotllament des de fase líquida
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/casting/microsegregation.php>>
- [121] Applet: front de solidificació
<http://www.matter.org.uk/solidification/cells/grain_structure_applet.htm>
- [122] Applet: emmotllament en sorra <http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/casting/sand_casting.php>
- [123] Applet: emmotllament en motlle permanent
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/casting/die_casting.php>

- [124] Applet: emmotllament en continu
<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/casting/continuous_casting.php>
- [125] Applet: conformat per laminatge
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-2/rolling.php>>
- [126] Applet: conformat per laminatge
<<http://aluminium.matter.org.uk/content/media/flash/metallurgy/strengthening/grain/grainsizeexperiment.swf>>
- [127] Applet: microestructura en el laminatge
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/coldroll.mov>>
- [128] Applet: microestructura en el laminatge
<<http://www.succeed.ufl.edu/content/Russ%20VIMS/asmcoldr.mov>>
- [129] Applet: processat per forja <<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-2/forging.php>>
- [130] Applet: processat per extrusió
<<http://www.doitpoms.ac.uk/tlplib/metal-forming-2/extrusion.php>>
- [131] Agelet; Oliver. *Mecánica de medios continuos para ingenieros*. Barcelona: Edicions UPC, 2002. Segona edició. ISBN 84-8301-582-X
- [132] Dori; et. al. *Technology for active learning*. Materials Today. Elsevier, 2003.
- [133] Kozhevnikov; et. al. *Spatial abilities in problem solving in kinematics*. Springer. Berlín, 2002.
- [134] National Research Council. *National Science Education Standards*, National Academic Press, Washington, 1996.
- [135] Gestió Acadèmica de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria. Universitat Autònoma de Barcelona. Abril 2009.
- [136] Pla d'Acció Local per a la Sostenibilitat de la UAB: Accions 2007-2010. Universitat Autònoma de Barcelona, 2007. <http://www.uab.es/Document/PAccio_A21v1.pdf>

11. ANNEX

11.1. Codi de l'applet per la determinació de tensions i direccions principals

L'arxiu *Eigenvalue.m* conté el següent codi:

```
function varargout = Eigenvalue(varargin)
gui_Singleton = 1;
gui_State = struct('gui_Name',       mfilename, ...
                  'gui_Singleton',   gui_Singleton, ...
                  'gui_OpeningFcn', @Eigenvalue_OpeningFcn, ...
                  'gui_OutputFcn',  @Eigenvalue_OutputFcn, ...
                  'gui_LayoutFcn',  [], ...
                  'gui_Callback',    []);
if nargin && ischar(varargin{1})
    gui_State.gui_Callback = str2func(varargin{1});
end
if nargout
    [varargout{1:nargout}] = gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
else
    gui_mainfcn(gui_State, varargin{:});
end

function Eigenvalue_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles,
varargin)
handles.output = hObject;
guidata(hObject, handles);

function varargout = Eigenvalue_OutputFcn(hObject, eventdata,
handles)
varargout{1} = handles.output;

function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

M(1,1)=str2num(get(handles.edit11,'String'));
M(1,2)=str2num(get(handles.edit12,'String'));
M(1,3)=str2num(get(handles.edit13,'String'));
M(2,1)=str2num(get(handles.edit21,'String'));
M(2,2)=str2num(get(handles.edit22,'String'));
M(2,3)=str2num(get(handles.edit23,'String'));
M(3,1)=str2num(get(handles.edit31,'String'));
M(3,2)=str2num(get(handles.edit32,'String'));
M(3,3)=str2num(get(handles.edit33,'String'));

[Vaux,E]=eigs(M);

E=[E(1,1);E(2,2);E(3,3)];
[E,IX]=sort(E,'descend');

for j=1:3
    V(j,1)=Vaux(j,IX(1));
    V(j,2)=Vaux(j,IX(2));
    V(j,3)=Vaux(j,IX(3));
end

set(handles.sol1,'String',E(1,1));
```

```

set(handles.sol2,'String',E(2,1));
set(handles.sol3,'String',E(3,1));
set(handles.x1,'String',V(1,1));
set(handles.x2,'String',V(2,1));
set(handles.x3,'String',V(3,1));
set(handles.y1,'String',V(1,2));
set(handles.y2,'String',V(2,2));
set(handles.y3,'String',V(3,2));
set(handles.z1,'String',V(1,3));
set(handles.z2,'String',V(2,3));
set(handles.z3,'String',V(3,3));

if E(1,1)==E(2,1) && E(2,1)==E(3,1)
    set(handles.estat,'String','HIDROSTATIC');
elseif E(1,1)==E(2,1) && E(2,1)~=E(3,1)
    set(handles.estat,'String','CILINDRIC');
elseif E(1,1)==E(3,1) && E(1,1)~=E(2,1)
    set(handles.estat,'String','CILINDRIC');
elseif E(2,1)==E(3,1) && E(2,1)~=E(1,1)
    set(handles.estat,'String','CILINDRIC');
else
    set(handles.estat,'String','TRIAXIAL');
end

plot3([0 V(1,1)], [0 V(2,1)], [0 V(3,1)], 'LineWidth', 3.5);
grid on
title('Direcciones principales')
xlabel('x')
ylabel('y')
zlabel('z')
hold on
plot3([0 V(1,2)], [0 V(2,2)], [0 V(3,2)], 'r', 'LineWidth', 3.5);
plot3([0 V(1,3)], [0 V(2,3)], [0 V(3,3)], 'g', 'LineWidth', 3.5);
hold off

function edit11_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit11_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit12_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit12_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit13_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit13_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit21_Callback(hObject, eventdata, handles)

```

```
function edit21_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit22_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit22_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit23_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit23_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit31_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit31_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit32_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit32_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end

function edit33_Callback(hObject, eventdata, handles)

function edit33_CreateFcn(hObject, eventdata, handles)
if ispc && isequal(get(hObject,'BackgroundColor'),
get(0,'defaultUicontrolBackgroundColor'))
    set(hObject,'BackgroundColor','white');
end
```

11.2. Enquesta realitzada als alumnes d'Enginyeria de Materials

1) Gènere

☐ Home ☐ Dona

2) Curs d'inici d'Enginyeria de Materials

☐ 2008/09 ☐ 2007/08 ☐ 2006/07 ☐ El curs _____

3) Any de naixement _____

4) Tens ordinador a casa amb connexió a Internet?

☐ Sí ☐ Tinc ordinador, però no Internet ☐ No

5) Fora de classe on utilitzes l'ordinador? (podeu marcar més d'una resposta)

☐ A casa ☐ A l'ETSE ☐ A molts llocs, és portàtil ☐ Altres. Especifica quin _____

6) Fora dels horaris de classe (teoria, problemes o pràctiques), amb quina freqüència utilitzes l'ordinador?

☐ Mai ☐ 1-2 dies/setmana ☐ 3-4 dies/setmana ☐ 5-7 dies/setmana

7) Has cursat alguna assignatura semipresencial o no presencial durant els teus estudis actuals o anteriors?

☐ Sí ☐ No

8) Si has cursat una assignatura semipresencial o no presencial, quina opinió en tens?

☐ Molt dolenta ☐ Dolenta ☐ Bona ☐ Molt bona

9) A partir de les experiències que has tingut fins ara a la UAB, de quina manera jutges... (marcar amb X)

	<i>Insuficient</i>	<i>Bona o suficient, però podria millorar</i>	<i>Molt bona</i>
a. La qualitat de les classes de teoria			
b. La qualitat de les classes de problemes			
c. La qualitat de les pràctiques als laboratoris			
d. La formació en competències transversals (treballar en grup, ús de noves tecnologies...)			
e. L'equipament de les aules d'informàtica			

10) Si quan estàs estudiant et sorgeix algun dubte, com el resols? (podeu marcar més d'una resposta)

☐ Pregunto a algú ☐ Busco per Internet ☐ Consulto algun llibre ☐ Altres _____

11) Has utilitzat alguna vegada simulacions o recursos visuals per entendre algun concepte/tema?

- ☐ Sí, quan algun professor els ha mostrat durant la classe (de teoria, problemes, o laboratori)
- ☐ Sí, per iniciativa pròpia
- ☐ Sí, durant la classe i també per iniciativa pròpia
- ☐ No

12) Creus que l'ús de simulacions, animacions i recursos visuals seria útil pel teu aprenentatge?

- ☐ No crec que tinguin utilitat
- ☐ Crec que poden ser un complement per l'aprenentatge

13) Si poguessis disposar de material interactiu addicional a les classes (animacions, webs...) preferiries que

- ☐ Que formés part de les classes
- ☐ Fos un recurs extra per poder consultar des de casa/altres llocs

14) En quina de les classes creus que el material interactiu seria d'utilitat? (podeu marcar més d'una resposta)

- ☐ Classes de teoria ☐ Classes de problemes ☐ Laboratori ☐ En cap

15) Penses que l'ús de material interactiu faria més dinàmiques les classes?

- ☐ Sí ☐ No

16) Ordena les següents metodologies d'ensenyament segons la importància que tenen (1- la més important; 5- la menys important):

Transparències / Explicacions orals	Llibres	Problemes escrits	Recursos interactius / Pàgines web	Laboratori

11.3. Càlcul de la importància relativa de cada metodologia d'ensenyament

A la qüestió 16 de l'enquesta¹⁰ els alumnes han ordenat les metodologies d'ensenyament (Transparències/Explicacions orals, Llibres, Problemes Escrits, Recursos interatius/Pàgines web, Laboratori) segons la importància que aquestes tenen, des del seu punt de vista.

A partir d'aquestes dades, s'ha calculat la importància relativa de cada metodologia d'ensenyament de la següent manera:

- 1- La puntuació individual que atorga cada alumne a cada metodologia correspon al número que representa l'ordre (1- metodologia molt important; 5- metodologia menys important)

$$Puntuació\ individual = Ordre$$

- 2- La puntuació de cada metodologia s'obté a través de la suma de les puntuacions individuals de tots els alumnes.

$$Puntuació\ metodologia\ i = \sum_{alumne\ j=1}^m Puntuació\ individual\ i$$

- 3- La importància absoluta de cada metodologia es calcula fent la inversa de la puntuació de la mateixa.

$$Importància\ absoluta\ metodologia\ i = \frac{1}{Puntuació\ metodologia\ i}$$

- 4- La importància relativa de cada metodologia es calcula com el quocient de la importància absoluta de la metodologia i , entre la suma d'importàncies absolutes de totes les metodologies, i es multiplica per 100 per tal d'obtenir un percentatge.

$$Importància\ relativa\ metodologia\ i = \frac{Importància\ absoluta\ metodologia\ i}{\sum_{i=1}^n Importància\ absoluta\ metodologia\ i} \cdot 100$$

¹⁰ Veure Annex 11.2. Enquesta realitzada als alumnes d'Enginyeria de Materials

Cristina Lavilla Aguilar

RESUM

L'objectiu principal d'aquest projecte és seleccionar i exposar una sèrie de recursos disponibles a Internet, que permetin complementar o facilitar l'aprenentatge dels continguts de la titulació d'Enginyeria de Materials.

Al llarg del treball es presenten un total de 124 animacions de diferents temàtiques. La majoria d'elles provenen de pàgines web d'universitats i centres involucrats en l'estudi de materials. També s'exposa una animació d'elaboració pròpia, així com el fonament teòric en què es basa.

Cal destacar que l'ús d'applets en l'ensenyament d'Enginyeria de Materials no implica una despesa econòmica extra, i que està d'acord amb les directrius de generar els mínims residus i de fomentar la reducció en origen, establertes en el Pla d'Acció Local per a la Sostenibilitat de la UAB. Gràcies també a la facilitat d'ús, els applets tenen un futur prometedori en l'ensenyament de moltes matèries.

ABSTRACT

The aim of this project is to select and expose a wide range of online available resources, which allow you to complement or facilitate learning Materials Engineering's contents.

This work presents 124 animations about different topics. Most of them are from websites of universities and centers which are involved in the study of materials. In addition, a self-made animation, as well as the main theory behind it, is presented.

The use of applets for teaching Materials Engineering involves no extra costs, and it also agrees with the guidelines of generating minimum waste and promoting reduction in the source, established in the UAB's Plan for the Sustainability. Furthermore, applets have a promising future in education due to their facility of use.